

De arbeidsmarkt voor een studierichting biomedische technologie

Citation for published version (APA):

Borghans, L., & Hoevenberg, J. (1994). *De arbeidsmarkt voor een studierichting biomedische technologie*. Researchcentrum voor Onderwijs en Arbeidsmarkt, Faculteit der Economische Wetenschappen. ROA Reports No. 9 <https://doi.org/10.26481/umarep.1994009>

Document status and date:

Published: 01/01/1994

DOI:

[10.26481/umarep.1994009](https://doi.org/10.26481/umarep.1994009)

Document Version:

Publisher's PDF, also known as Version of record

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.umlib.nl/taverne-license

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

repository@maastrichtuniversity.nl

providing details and we will investigate your claim.

DE ARBEIDSMARKT VOOR EEN STUDIERICHTING
BIOMEDISCHE TECHNOLOGIE

ROA-R-1994/9

Lex Borghans en Jeroen Hoevenberg

RESEARCHCENTRUM VOOR ONDERWIJS EN ARBEIDSMARKT

Faculteit der Economische Wetenschappen
Rijksuniversiteit Limburg

Maastricht, september 1994

CIP-GEGEVENS KONINKLIJKE BIBLIOTHEEK, DEN HAAG

Borghans, Lex

De arbeidsmarkt voor een studierichting biomedische technologie/ Lex Borghans en Jeroen Hoevenberg.
- Maastricht: Researchcentrum voor Onderwijs en Arbeidsmarkt, Faculteit der Economische Wetenschappen, Rijksuniversiteit Limburg. - ([Rapport] / Researchcentrum voor Onderwijs en Arbeidsmarkt, ISSN 0922-8098 ; ROA-R-1994/9)

Met lit. opg.

ISBN 90-5321-138-1 geb.

Trefw.: arbeidsmarkt ; biomedische technologie.

INHOUDSOPGAVE

Bladzijde

1.	INLEIDING	1
1.1.	Achtergrond van het onderzoek	1
1.2.	Uitgangspunten van het onderzoek	2
2.	AFWEGINGEN VOOR EEN NIEUWE STUDIERICHTING	5
2.1.	Arbeidsmarktvraag versus verbetering arbeidsmarktpositie	5
2.2.	Breedte van het curriculum	6
2.3.	Flexibiliteit op de arbeidsmarkt	6
2.4.	Aandachtspunten voor het onderzoek	7
3.	GLOBALE ONTWIKKELINGEN OP DE ARBEIDSMARKT	8
4.	POTENTIËLE VRAAG NAAR AFGESTUDEERDEN BMT IN NATIONAAL EN INTERNATIONAAL PERSPECTIEF	13
4.1.	Inleiding	13
4.2.	Biomedische Technologie in een Nederlands perspectief	14
4.3.	Biomedische Technologie in Internationaal perspectief	15
4.4.	Biomedical Engineers	21
4.5.	Conclusies	27
5.	AANBOD VAN LEERLINGEN	29
6.	GESPREKKEN MET DESKUNDIGEN	35
6.1.	Inleiding	35
6.2.	Interview met dr.ir. T. van Beekum	36
6.3.	Interview met de heren Bergmans en Van der Wal	38
6.4.	Interview met prof.dr.ir. K. Bom	39
6.5.	Interview met prof.dr. L.A. van Es	40
6.6.	Interview met dr. H. Goldschmidt	41
6.7.	Interview met prof.dr.ir. C.A. Grimbergen	44
6.8.	Interview met prof.dr.ir. J.G.H. Joosten	46
6.9.	Interview met dr.ir. F.A. Kuijpers	47
6.10.	Interview met dr. H. Roseboom	49
6.11.	Interview met de heren Spruit, Kraan en Kassenaar	51
7.	OVERZICHT VAN DE OORDELEN VAN DE DESKUNDIGEN	53
8.	CONCLUSIES	57
	LITERATUURLIJST	60
	APPENDIX	62

1. Inleiding

1.1. Achtergrond van het onderzoek

De Rijksuniversiteit Limburg (RL) en de Technische Universiteit Eindhoven (TUE) werken al geruime tijd, zowel in het onderwijs als bij het onderzoek, samen op het gebied van de medische techniek. De techniek lijkt in de medische wereld een steeds belangrijkere plaats in te nemen. Om in te spelen op deze ontwikkelingen in de medische sector hebben de RL en de TUE gezamenlijk besloten om te onderzoeken in hoeverre deze ontwikkelingen aanleiding geven om de samenwerking op onderwijsgebied verder uit te breiden en te komen tot een gezamenlijke opleiding Biomedische Technologie. Om de mogelijkheden voor een dergelijke opleiding nader te onderzoeken hebben de Colleges van Bestuur van beide universiteiten de ad hoc commissie voor onderwijsontwikkeling RL/TUE in het leven geroepen. Deze commissie formuleert de problematiek als volgt:

'Op het gebied van biomedische technologie zijn belangrijke ontwikkelingen gaande. Al lang is er sprake van dat ontwikkelingen op het terrein van natuurwetenschappen en techniek meer en meer toepassing vinden op het terrein van de geneeskunde en de gezondheidszorg. Radiologie en endoscopie zijn daarvan klassieke voorbeelden. Deze ontwikkelingen gaan onverminderd door en leiden tot steeds meer aanrakingsvlakken tussen technologie en geneeskunde/gezondheidszorg.

Daarnaast is er evenwel een ontwikkeling op gang gekomen, waarbij de genoemde terreinen niet langer naast elkaar staan, maar elkaar doordringen en derhalve in toenemende mate elkaar bepalen. Voorbeelden daarvan zijn ondermeer te vinden in de biomechanica, de biomaterialen en in de medische informatica. Nu leent de medische beroepsuitoefening zich niet gemakkelijk voor deze integratie, omdat het contact met en het belang van de individuele patiënt voorop staat. Maar de vakgebieden worden er wel in toenemende mate door beïnvloed.

Meer en meer is er daarom behoefte aan integratie van de disciplines van de techniek enerzijds en de geneeskunde en gezondheidswetenschappen anderzijds. Meer concreet betekent dit communicatie tussen professionals op deze gebieden, teneinde vanuit hun eigen begrippenkader en eigen terminologie te komen tot een gegronde invulling van een 'nieuwe' discipline: de biomedische technologie.

In het onderzoek is samenwerking tussen medische en technische wetenschappen reeds geruime tijd aan de gang. Ook daarbij doen zich de bovenvermelde moeilijkheden voor: het begrippenkader en de achtergrondkennis van de medische en gezondheidswetenschappen is geheel anders dan dat van de technische wetenschappen. Deze communicatiekloof remt het onderzoek af omdat de betrokken onderzoekers te veel uitgaan van hun eigen discipline en er te weinig in slagen om zich dat van de andere disciplines eigen te maken. Daarom is een veel vroegere integratie van de genoemde disciplines aangewezen. Dat is de reden dat hier een nieuwe studierichting wordt gedefinieerd in de biomedische technologie' (Ad hoc commissie voor onderwijsontwikkeling RL/TUE, 1994).

Deze studierichting zou door een gelijkopgaande vorming in zowel techniek als biomedische vakken, studenten moeten opleiden die goed kunnen functioneren in multidisciplinair onderzoek en ontwikkelactiviteiten waarbij zowel technische als medische inzichten vereist zijn. De opleiding, zoals de commissie die voor ogen staat, zal grofweg de volgende kenmerken krijgen (zie ook de toelichting in de Appendix):

- vanaf de start een zo gelijk mogelijk opgaande vorming in technologische en biomedische kennisterreinen;

- een eenjarige propaedeuse:
 - * met basisvakken geselecteerd uit TUE curricula voor een technische β -signatuur, met weglating van voorbereidende technologische vakken, specifiek voor de verschillende TUE-opleidingen,
 - * met (in plaats hiervan) ruimte voor basale vorming in fysiologie, anatomie en moleculaire biologie (inbreng RL),
 - * met aandacht voor (nieuwe) integratiemogelijkheden van diverse disciplinaire invalshoeken in toepassingsgebieden van de biomedische technologie;
- een verdergaande, gemeenschappelijke basale vorming in het tweede jaar;
- een differentiatie in enkele richtingen voor het derde en vierde jaar, te selecteren uit de grote lijnen in RL-TUE onderzoekconcentraten, met een sterke verwevenheid van de opleiding met academisch onderzoek op dit gebied. Voorlopig wordt hierbij gedacht aan:
 - * de nieuwe ontwikkelingen in de benadering van eigenschappen en functies van biologische systemen, -structuren en -materialen, alsmede de impact hiervan op technologische ontwikkelingen (kort aangeduid met "Biologische Systemen" en "Biomaterialen"),
 - * de nieuwe inzichten en methoden voor de benadering van complexe biologische processen, met een duidelijke behoefte aan systematische technieken voor doelmatige presentatie en besluitvorming (kort aangeduid met "Biomedische Systeem- en Informatietechnologie").

Omdat voor het opzetten van een studierichting Biomedische Technologie niet alleen ontwikkelingen op onderzoeksgebied van belang zijn, maar er ook gekeken moet worden in hoeverre een dergelijke studierichting voorziet in een behoefte op de arbeidsmarkt, heeft deze commissie het Researchcentrum voor Onderwijs en Arbeidsmarkt (ROA) de opdracht gegeven de arbeidsmarktmogelijkheden van de studierichting te onderzoeken.

1.2. Uitgangspunten van het onderzoek

Het is altijd een moeilijke zaak om de arbeidsmarktmogelijkheden te onderzoeken van een studierichting die nog niet bestaat. Ten eerste zijn er per definitie nog geen afgestudeerden op de arbeidsmarkt op grond waarvan men een beeld zou kunnen krijgen van de arbeidsmarktperspectieven van deze groep. Ten tweede is zelfs dergelijk onderzoek onder vergelijkbare groepen op de arbeidsmarkt vaak problematisch, omdat het specifieke karakter van de onderzochte richting vaak impliceert dat bestaande enquête-onderzoeken te klein zijn om een duidelijk beeld van de arbeidsmarktsituatie te verschaffen. Ten derde is uiteraard de concrete invulling van het curriculum van groot belang voor de arbeidsmarktmogelijkheden van de afgestudeerden. Een onderzoek naar de arbeidsmarktperspectieven van Biomedische Technologie kan dan ook nooit verder gaan dan een onderzoek naar potentiële mogelijkheden van een dergelijke studierichting. Zowel naar de werving van studenten als met betrekking tot de positie die afgestudeerden zullen bekleden op de arbeidsmarkt, zal het feitelijke succes van een nieuwe studierichting dan ook voor een groot deel afhangen van de concrete invulling.

Hoewel een onderzoek naar de arbeidsmarktmogelijkheden van een studierichting Biomedische Technologie geen garantie kan geven voor de haalbaarheid van een dergelijke studierichting, kan een arbeidsmarktonderzoek wel een beeld geven van de afwegingen die gemaakt moeten worden bij het opzetten van deze studierichting, door aan te geven waar zich spanningen voordoen in de opzet van de studierichting met betrekking tot de arbeidsmarkt. Op basis hiervan kunnen duidelijkere keuzes gemaakt worden over de wijze waarop de nieuwe studierichting invulling moet krijgen. Op die manier kunnen de inzichten van een arbeidsmarktonderzoek, ondanks de beperkingen van de beschikbare informatie, richting geven aan de invulling van het curriculum, zodat in ieder geval de arbeidsmarktaspecten zo goed mogelijk afgewogen kunnen worden in de totstandkoming van de studierichting.

In tegenstelling tot het rapport van Halders en Scheffer (1977) naar *De behoefte aan biomedische ingenieurs in Nederland*, wordt dan ook niet primair getracht de arbeidsmarktbehoefte te kwantificeren. De arbeidsmarkt is te complex en de raakvlakken met andere studierichtingen zijn diffuus om deze behoefte in een aantal te kunnen vangen. De samenhang op de arbeidsmarkt maakt het zinvoller om na te gaan welke aspecten van een studierichting een positieve c.q. negatieve invloed op de arbeidsmarktpositie van afgestudeerders hebben.

Gezien de onmogelijkheid om bij een nieuwe studierichting informatie te vergaren die eenduidig uitsluitsel zal geven over de arbeidsmarktpositie van een opleiding Biomedische Technologie wordt in dit rapport een aanpak gekozen die de relevante afwegingen zo duidelijk mogelijk in kaart brengt. Hiertoe worden allereerst op theoretisch niveau de afwegingen geschetst die gemaakt worden bij de totstandkoming van een nieuwe studierichting Biomedische Technologie. Deze afwegingen betreffen de doelgroep in de studentenpopulatie waarop de studierichting zich richt, de breedte van het curriculum dat wordt gehanteerd en de breedte van het arbeidsmarktsegment waarvoor de studierichting opleidt. Voor deze drie dimensies geldt steeds dat er sprake is van een trade-off tussen uitersten waarbinnen een optimale afweging moet worden gemaakt.

Op basis van deze theoretische afwegingen wordt in dit rapport uit twee verschillende bronnen informatie geput om de relevante afwegingen beter in kaart te brengen. De eerste bron betreft de empirische informatie uit beschikbare databestanden en uit de literatuur. Omdat, zoals reeds werd opgemerkt, over de nieuwe studierichting uiteraard nog geen gegevens beschikbaar zijn moet hierbij gekeken worden naar de arbeidsmarktsituatie van vergelijkbare groepen op de arbeidsmarkt. De vergelijking kan zowel binnen als buiten Nederland gemaakt worden. Voordeel van deze bron is dat zij de problematiek vanuit een overkoepelend kader kan bezien, zodat het duidelijk wordt in welke proporties gedacht moet worden. Een tekortkoming van deze 'objectieve' informatie is echter dat zij veelal veel te globaal is om specifiek voor de betreffende studierichting Biomedische Technologie nauwkeurige informatie te verschaffen. Als tweede informatiebron is een aantal gesprekken gevoerd met deskundigen die specifiek inzicht hebben in de ontwikkelingen in het betreffende arbeidsmarktdomein. Een beperking van deze informatiebron is echter weer dat deze opinies altijd een subjectief karakter hebben. De oordelen van deskundigen kunnen sterk uiteenlopen, waarbij niet altijd de gemiddelde mening de juiste mening is. De oordelen van de deskundigen zelf zullen dus op hun waarde gewogen moeten worden. Verder zal een deskundige vooral zijn eigen werkomgeving goed kennen, maar deze ontwikkelingen moeilijk kunnen vertalen tot geaggregeerd niveau.

Om een zo goed mogelijk beeld te krijgen van de mogelijke arbeidsmarktperspectieven van de studierichting Biomedische Technologie is het daarom van belang beide informatiebronnen als onderling aanvullend te beschouwen en de bevindingen duidelijk te plaatsen in het licht van de gesignaleerde theoretische afwegingen. De meningen van deskundigen en de in de literatuur gesignaleerde trends kunnen op deze wijze inzicht geven in de spanningen die er zullen optreden bij het inrichten van een nieuwe studierichting. Zonder een definitief oordeel te geven over de arbeidsmarktperspectieven voor Biomedische Technologie kunnen zij op deze wijze een constructieve bijdrage leveren in de gedachtenvorming rond de mogelijke nieuwe studierichting die ook vanuit arbeidsmarktoogpunt bevredigend is.

De opbouw van dit rapport is als volgt. Allereerst wordt in hoofdstuk 2 kort ingegaan op een drietal afwegingen die voor Biomedische Technologie cruciaal lijken te zijn. Vervolgens wordt in hoofdstuk 3 een beeld geschetst van de arbeidsmarktpositie van technici en medici alsmede de verwachte ontwikkelingen in de toekomst hiervan. In hoofdstuk 4 wordt vervolgens meer specifiek ingegaan op de positie van Biomedische Technologie. Hoofdstuk 5 besteedt vervolgens aandacht aan de potentiële instroom van

studenten. In hoofdstuk 6 wordt verslag gedaan van de interviews met een tiental deskundigen. De opinies van deze deskundigen worden in hoofdstuk 7 in een schema samengevat. In hoofdstuk 8 worden ten slotte de voornaamste bevindingen op een rij gezet.

2. Afwegingen voor een nieuwe studierichting

2.1. Arbeidsmarktvraag versus verbetering arbeidsmarktpositie

De 'arbeidsmarktpositie van een opleiding' is een theoretische constructie die duidelijke invulling dient te krijgen alvorens conclusies getrokken kunnen worden over de mogelijkheden van een nieuwe opleiding vanuit het arbeidsmarktperspectief. Uiteindelijk is het niet de opleiding die de arbeidsmarkt betreedt, maar zijn het individuele studenten die, op de arbeidsmarkt, een baan krijgen bij individuele werkgevers. De positie van de opleiding hierin is slechts bemiddelend. Bij het inrichten van een nieuwe studierichting spelen dan ook twee belangrijke factoren gelijktijdig een rol. De eerste factor is op welke vraag op de arbeidsmarkt een opleiding zich richt; de tweede factor is welke (aankomende) studenten de opleiding opleidt voor dit beroep.

Een verbetering van de aansluiting tussen vraag en aanbod betekent dat bepaalde studenten een verbeterde positie op de arbeidsmarkt moeten krijgen. Er kan vanuit dit perspectief om twee redenen een aanleiding zijn om een nieuwe studierichting op te richten. Ten eerste kunnen (verwachte) ontwikkelingen in de vraag op de arbeidsmarkt aanleiding zijn om een vernieuwd studieprogramma aan te bieden. Dit argument is vraag-georiënteerd. De gedachte hierbij is dat te verwachten valt dat werkgevers vanwege de ontwikkelingen in de technologie of het werk in het algemeen steeds meer het ontbreken van afgestudeerden met bepaalde kennis als een belemmering gaan ervaren. Vanuit hun positie gezien zouden ze er veel voor over hebben zulke personen in dienst te kunnen nemen. Er is sprake van een demand-pull. Een goed voorbeeld van een dergelijke nieuwe behoefte op de arbeidsmarkt is uiteraard de oprichting van de studie Informatica geweest. De ontwikkelingen op de arbeidsmarkt maakten de oprichting hiervan vrijwel onvermijdelijk en voorafgaand aan de formele oprichting viel te constateren dat binnen de studierichting Wiskunde steeds meer studenten kozen voor een aan informatica verwante afstudeerrichting. Kennelijk was de druk vanuit de arbeidsmarkt reeds duidelijk voelbaar.

Relevant is tevens het onderscheid tussen de situatie waarin werkgevers zelf staan te dringen om dergelijke personen in dienst te nemen, tegenover de situatie waarin zij het wenselijk zouden gaan dat elders afgestudeerden met een vernieuwde opleiding aan het werk zouden gaan. Met het tweede argument wordt meestal beoogd een cultuuromslag binnen een vakgebied te bewerkstelligen. De gedachte is dat als er maar genoeg personen met een bepaalde achtergrond werkzaam zullen zijn binnen het veld, deze markt vervolgens vanzelf gestimuleerd gaat worden. Zo kan men hopen dat de introductie van technici binnen bepaalde geledingen van de maatschappij de maatschappelijke affiniteit met techniek kan vergroten. Bij dit argument dient echter bedacht te worden dat een nieuwe studierichting weliswaar bepaalde doelstellingen dichterbij kan brengen, maar dat dit voor de individuele student geen gunstig arbeidsmarktperspectief hoeft te betekenen. Hij wordt als het ware gebruikt om een doorbraak te forceren op een moment dat de markt wellicht nog geen substantiële vraag naar deze groep afgestudeerden te zien geeft. De eventuele positieve effecten volgen pas later. Voor het bewerkstelligen van zo een push van een vakgebied, dat bijvoorbeeld vanuit technologiebeleid gewenst kan zijn, is daarom vereist dat niet alleen de opleidingsmogelijkheid gecreëerd wordt, maar dat tevens voor de beginfase gezorgd wordt voor arbeidsmarktmogelijkheden voor de betreffende studenten. Pogingen om de structuur van de arbeidsmarkt te veranderen, moeten daarom, als ze ook voor de betreffende studenten een aantrekkelijk perspectief moeten betekenen, altijd samen gaan met een structuurbeleid op de arbeidsmarkt.

Een tweede argument om vanuit het arbeidsmarktperspectief te komen tot een nieuwe studierichting is aanbod-georiënteerd. Voor een groot aantal afgestudeerden op de arbeidsmarkt is het perspectief de laatste jaren niet gunstig. Het zou een verbetering van hun arbeidsmarktsituatie zijn indien deze

personen een ander curriculum zouden krijgen aangeboden, waarbij ze kennis en vaardigheden opdoen die tot een betere positie op de arbeidsmarkt leidt. Vanuit de vraagzijde gezien is de vraag dan niet meer of werkgevers zitten te springen om deze schoolverlaters, maar moet bekeken worden in hoeverre zij bereid zijn deze groep studenten voor hun vacatures in aanmerking te laten komen. De studenten hoeven niet onmiddellijk te voorzien in een lacune, maar moeten wel gezien worden als een serieuze mogelijkheid voor het vervullen van de vacatures. Dit stelt minder zware eisen aan de behoefte van de werkgevers, maar kan vanuit het perspectief van de individuele student een zeer substantiële verbetering van het arbeidsmarktperspectief betekenen.

Het onderscheid tussen het vraag-georiënteerde perspectief en het aanbod-georiënteerde perspectief bij het bepalen van de arbeidsmarktrelevantie van opleidingen leidt snel tot een spanning. Aan de ene kant kan men niet pretenderen de arbeidsmarktpositie van studenten met een zwakke positie te verbeteren als men gelijktijdig zeer zware eisen aan de capaciteiten van de instroom stelt, door oftewel strenge toelatingseisen te stellen, oftewel het curriculum sterk zelfselecterend te maken. Aan de andere kant zal het een zware inspanning eisen om een curriculum te maken, gericht op de studenten in een zwakkere positie op de arbeidsmarkt, dat leidt tot afgestudeerden die geschikt zijn voor de top-onderzoeksfuncties. Bij de aanbod-georiënteerde aanpak valt hoogstens een marginale verbetering van de positie te verwachten.

Voor een evenwichtige bepaling van het arbeidsmarktperspectief is het derhalve van belang dat er geen tegenstrijdigheden zitten in de (capaciteiten van de) groep studenten waar men zich op richt, de inhoud van het curriculum, en het type functies waartoe de opleiding toegang zou moeten verschaffen. Dit laat uiteraard onverlet dat de studentenpopulatie heterogeniteit kan vertonen, waardoor er een mengvorm kan ontstaan van de geschetste uitersten.

2.2. Breedte van het curriculum

Een tweede mogelijke bron van spanning bij het instellen van een nieuwe studierichting betreft de breedte van het curriculum. Een grotere hoeveelheid kennis en vaardigheden betekent veelal dat een student aantrekkelijker wordt voor de arbeidsmarkt. Een beperking hierbij is echter dat de totale studieduur niet meer kan bedragen dan vier (danwel vijf) jaar. Dit impliceert onmiddellijk dat een uitbreiding van het aantal vakken binnen een studie, moet leiden tot een vermindering van de diepgang per vak. Hierbij moeten dus duidelijke afwegingen worden gemaakt.

Een cruciaal punt hierbij is in hoeverre de betreffende vakgebieden te combineren zijn in de studie van één persoon. Wis- en natuurkunde worden vanouds binnen één studieprogramma aangeboden omdat de gehanteerde denkwijzen kennelijk dicht genoeg op elkaar aansluiten. Hierdoor kan in totaal waarschijnlijk meer dan twee maal een halve studie worden aangeboden. Bij andere combinaties is het moeilijker om deze in een programma te verenigen, zodat zou kunnen gelden dat uiteindelijk minder dan twee halve studies worden aangeboden. In de afweging tussen breed en diep moet dus meegewogen worden in hoeverre de betreffende vakgebieden qua karakter op elkaar aansluiten.

2.3. Flexibiliteit op de arbeidsmarkt

Een derde aspect waarbij bij het inrichten van een nieuwe studierichting, mogelijke spanningen kunnen ontstaan betreft de flexibiliteit op de arbeidsmarkt. Veelal wordt de vraag naar een studierichting gemeten in het gemiddeld aantal afgestudeerden dat de markt jaarlijks zou kunnen opnemen. Hoewel een dergelijk cijfer interessant kan zijn om de dimensie van de potentiële markt te bepalen, is dit cijfer voor het arbeidsmarktperspectief niet direct van belang. Het feitelijke arbeidsmarktperspectief wordt immers

bepaald door de verhouding vraag-aanbod op een bepaald moment. Op korte termijn kan het daarom van belang zijn discrepanties in de vraag-aanbod-verhouding te signaleren, maar op de langere termijn valt te verwachten dat vraag en aanbod in globale termen met elkaar in evenwicht zullen zijn. Belangrijker is dan ook de vraag hoe sterk de feitelijke vraag naar afgestudeerden van jaar tot jaar kan fluctueren. Gemiddeld kan weliswaar sprake zijn van een overeenstemming tussen vraag en aanbod, maar de individuele student wordt geconfronteerd met de toevallige arbeidsmarktomstandigheden op het moment dat hij afstudeert. Om te zorgen voor een doorlopend goede aansluiting tussen onderwijs en arbeidsmarkt is het daarom van belang dat oftewel de vraag een vrij constant karakter zal hebben, oftewel de student voldoende uitwijkmogelijkheden heeft, zodat hij in het geval dat de vraag in het ene segment van de markt tegenvalt hij uit kan wijken naar een ander segment van de arbeidsmarkt.

Voor de studierichting Biomedische Technologie geldt waarschijnlijk dat de arbeidsmarkt beperkt is vergeleken met de markt voor meer algemeen opgeleide technici. Men richt zich immers speciaal op een onderdeel van de technologiemarkt, namelijk de gezondheidszorg. Verder geldt dat doorgaans de markt voor kleinere studierichtingen, vooral als het gaat om een afgebakend segment van de arbeidsmarkt, sterker zal fluctueren dan de markt voor een grotere studierichting. Bij deelmarkten met een kleine omvang zullen incidentele gebeurtenissen meer invloed hebben op de vervangingsvraag, uitbreidingsvraag en het aanbod dan bij deelmarkten met een grotere omvang.

2.4. Aandachtspunten voor het onderzoek

Op grond van de bovenstaande overwegingen kan worden gesteld dat er bij Biomedische Technologie een aantal potentiële spanningen te verwachten zijn bij de aansluiting tussen de opleiding en de arbeidsmarkt. Ten eerste kan er een frictie ontstaan tussen de capaciteiten van de groep studenten waarop de studierichting zich qua instroom richt en het gewenste eindniveau met de bijbehorende positie op de arbeidsmarkt van de afgestudeerden. Het is hierbij van belang de kwaliteit van de studierichting niet af te meten aan het absolute niveau van de afgestudeerden. Vooral van belang lijkt de aanvulling die de studierichting betekent voor het totale reeds bestaande scala aan opleidingen.

Ten tweede lijkt het voor Biomedische Technologie in het bijzonder zo te zijn dat deze studierichting zich aan de ene kant richt op een breed curriculum, met de daarbij behorende mogelijke problemen van oppervlakkigheid, terwijl men aan de andere kant opleidt voor een beperkt segment van de arbeidsmarkt waardoor de uitwijkmogelijkheden wellicht gering zullen zijn. Omdat deze afwegingen tussen breedte en diepte en specialisme en uitwijkmogelijkheden moeilijk meetbaar zijn, zijn met name deze twee punten voorgelegd aan een aantal deskundigen in het mogelijke toekomstige werkveld van de biomedisch technologen.

3. Globale ontwikkelingen op de arbeidsmarkt

Alvorens in te gaan op de specifieke ontwikkelingen op de arbeidsmarkt voor afgestudeerden Biomedische Technologie wordt in dit hoofdstuk eerst een blik geworpen op de meer globale ontwikkelingen op de arbeidsmarkt voor medici en technici in met name de onderzoeksberoepen en binnen de medische sector. De voornaamste bron in Nederland voor het in kaart brengen van deze globale ontwikkelingen op de arbeidsmarkt is de Enquête Beroepsbevolking (EBB) van het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS). Omdat dit een enquête is onder ongeveer 1% van de beroepsbevolking en omdat het CBS in verband met privacy strenge maatstaven hanteert voor de beschikbaarstelling van informatie over kleine aantallen, is het niet mogelijk deze informatie voor de precies afgebakende doelgroep van dit onderzoek te hanteren. Uit de Arbeidskrachtentelling (AKT) uit 1985, wat de voorganger was van de EBB, blijkt dat er in de farmaceutische industrie (Standaard Bedrijfsindeling SBI, 29) ongeveer 1400 personen met opleiding WO-technisch werkten, waarvan 900 werknemers waren opgeleid in een natuur-wetenschappelijke richting, 300 een medische studie hadden afgerond en er ongeveer 200 werknemers waren opgeleid in de farmacie. In de sector gezondheidszorg (SBI 93) werkten ongeveer 600 natuurwetenschappers, 500 WO-technici, 30.100 medici en 200 farmaceuten. Van deze groep waren er in de farmaceutische industrie 400 natuurwetenschappers, minder dan 100 WO-technici en iets meer dan 100 medici en farmaceuten in het onderzoek werkzaam. In de medische sector waren vergelijkbare aantallen WO-technici en medici werkzaam in het onderzoek, en waren er vrijwel geen farmaceuten in een onderzoekfunctie te vinden. De grootste groep onderzoekers in de medische sector vormden de natuurwetenschappers, met ongeveer 300 werkzame personen.

Bij de EBB worden alleen aantallen boven 5.000 beschikbaar gesteld, zodat duidelijk zal zijn dat het onmogelijk is een specifieke doelgroep, zoals het biomedische onderzoek in kaart te brengen op basis van deze enquête. Dat neemt echter niet weg dat het interessant kan zijn om minder specifiek de markt voor WO Techniek en WO Medisch te inventariseren, omdat deze groep een belangrijk referentiekader vormt voor de studierichting Biomedische Technologie. Uiteraard zijn de arbeidsmarktontwikkelingen voor het deelgebied Biomedische Technologie niet los te zien van de meer algemene tendensen op de arbeidsmarkt, en vormen bovendien de huidige studenten techniek en medicijnen waarschijnlijk een belangrijke doelgroep voor Biomedische Technologie.

Onlangs heeft het Ministerie van Onderwijs en Wetenschappen de werkloosheid onder hoger opgeleiden laten schatten. Volgens O&W (1993a) ontwikkelde de werkloosheid in de onderwijssectoren techniek en gezondheid zich minder sterk dan de bij de meeste andere academische studierichtingen. Terwijl de gemiddelde werkloosheid voor academici tussen 1973 en 1990 opliep van 2% tot 7% steeg de werkloosheid voor technici van 2 tot slechts 3% en voor medici van 1% (in 1979) tot 4% in 1990. Alleen de onderwijssector Economie kende een vergelijkbaar lage groei van de werkloosheid. Tabel 3.1 geeft voor een aantal relevante opleidingscategoriën de werkloosheid zoals die thans door Van der Neut, Veldhoen en De Jonge (1994) voor 1993 wordt geraamd. In het algemeen hebben de opgenomen studierichtingen een lage werkloosheid. Hoog is de werkloosheid voor Sterrenkunde, Biologie en Beleid en Management Gezondheidszorg. Ook de werkloosheid voor Scheikunde en Natuurkunde voor zowel de technische als de algemene universiteiten is duidelijk hoger dan gemiddeld.

Gezien vanuit het perspectief van de in hoofdstuk 2 beschreven invalshoeken hebben deze werkloosheidscijfers een dubbelzinnige betekenis met betrekking tot een studierichting Biomedische Technologie. Het feit dat technische en medische opleidingen een lage werkloosheid kennen lijkt uiteraard ook voor deze studierichting een gunstig perspectief te zijn, maar aan de andere kant dient men zich ook te realiseren dat de in de tabel genoemde studierichtingen tevens voor een groot deel de alternatieven voor de instromende studenten zullen zijn. Voor zover de instroom in Biomedische

Technologie studenten betreft die anders een richting in de onderwijssectoren Natuur, Techniek of Gezondheid een richting zouden hebben gekozen, zal het moeilijk zijn voor wat betreft de werkloosheid de perspectieven te verbeteren. Hogere werkloosheid komt binnen deze sectoren vooral voor bij de theoretisch georiënteerde richtingen. Omdat Biomedische Technologie duidelijk gericht is op een toepassingsveld zou generalisatie van deze resultaten betekenen dat de studie een verbetering van het arbeidsmarktperspectief zou kunnen betekenen voor bepaalde studenten die thans natuurkunde, scheikunde of biologie studeren. Uiteraard zou de studierichting Biomedische Technologie, indien ze in staat is een arbeidsmarktperspectief te bieden dat vergelijkbaar is met bijvoorbeeld Overige Medische Wetenschappen, ook voor studenten die thans Gedrag en Maatschappijwetenschappen studeren, gezien de hoge werkloosheidscijfers in die onderwijssector, een duidelijke verbetering inhouden. Dergelijke conclusies dienen echter met de nodige omzichtigheid beschouwd worden.

Tabel 3.1 Werkloosheid onder academici volgens Van der Neut, Veldhoen en De Jonge (1994) in 1993

studierichting	werkloosheid %
<i>Natuur</i>	
wiskunde	2,9
informatica	3,3
natuurkunde	6,1
sterrenkunde	13,4
scheikunde	6,2
farmacie	1,9
biologie	9,1
geologie/geofysica	5,3
vrije studie natuurwetenschappen	3,8
<i>Techniek</i>	
technische wiskunde	2,7
technische informatica	3,5
civiele techniek	0,9
bouwkunde	2,7
werktuigbouwkunde	3,8
elektrotechniek	3,3
scheikundige technologie	5,0
technische natuurkunde	5,6
lucht/ruimtevaart	3,5
industriële vormgeving	4,2
marine technologie	1,0
geodesie	0,9
mijnbouwkunde	4,9
overige techniek	4,8
vrije studie techniek	3,3
<i>Gezondheid</i>	
gezondheidswetenschappen	1,0
geneeskunde	1,7
tandheelkunde	0,4
diergeneeskunde	4,5
beleid en management gezondheidszorg	9,1
bewegingswetenschappen	3,9
overige medische wetenschappen (biomedische wetenschappen, medische biologie en medische informatiekunde)	2,9

Bron: Research voor Beleid

Echter, om twee redenen moeten deze werkloosheidscijfers worden genuanceerd. Ten eerste wordt het arbeidsmarktperspectief van een studierichting door meer bepaald dan alleen de werkloosheid. Ten tweede moet er voor gewaakt worden dat men bij het bepalen van het arbeidsmarktperspectief volledig op de huidige situatie afgaat. Voor een deel zal in de huidige situatie een toevalselement een rol spelen. Voor de perspectieven van een nieuwe studierichting is derhalve de ontwikkeling op termijn van meer

belang. Tabel 3.2 bevat enkele kencijfers omtrent de verwachte arbeidsmarktperspectieven van WO Wis- en Natuurkunde, WO Techniek en WO Medisch op basis van de prognoses van ROA (1993a,b). Hoewel de werkloosheid momenteel laag is voor WO Techniek blijkt vergeleken met wis- en natuurkunde en WO Medisch een relatief groot percentage werkenden een baan beneden het opleidingsniveau te hebben. Wis- en Natuurkunde en WO Techniek hebben een gemiddeld tot groot aantal uitwijkmogelijkheden, terwijl WO Medisch zowel naar beroep als naar branche weinig uitwijkmogelijkheden heeft. Het valt te verwachten dat ook voor Biomedische Technologie het aantal uitwijkmogelijkheden zal afnemen als gevolg van de inperking van het toepassingsgebied. Ten slotte blijken de perspectieven voor 1998 voor technici minder gunstig te zijn dan voor de andere twee onderscheiden richtingen. In tegenstelling tot wat vaak wordt aangenomen is de instroom vanuit het onderwijs naar de arbeidsmarkt de komende jaren voor techniek vrijwel gelijk aan het aantal baanopeningen. Dit in tegenstelling tot wis- en natuurkunde en medicijnen waar de instroom lager is dan het aantal baanopeningen. Mede in het licht van de aanwezigheid van (een overigens laag aantal) werklozen, is er bij techniek naar verwachting dus niet voldoende baangroei om iedereen aan het werk te helpen op een niveau dat vergelijkbaar is met de huidige functies van technici. In de praktijk blijkt deze constatering niet altijd op toekomstige werkloosheid te duiden, maar zal een dergelijke discrepantie zich vaak uiten door een verdere groei van de onderbenutting, of door een verslechtering van de arbeidsmarktpositie door lagere lonen of meer tijdelijke banen (zie Wieling en Borghans, 1994).

Tabel 3.2 Enkele kencijfers voor de huidige arbeidsmarktpositie en de verwachte ontwikkelingen tot 1998 voor WO Wis- en Natuurkunde, WO Techniek en WO Medisch.

	WO Wis- en Natuurkunde	WO Techniek	WO Medisch
aantal werkenden	39.000	55.000	48.000
trend	constant	dalend	constant
percentage onderbenutting	15 laag	24 gemiddeld	6 erg laag
uitwijkmogelijkheden: naar bedrijfsklasse	0,83 gemiddeld	0,88 gemiddeld	0,36 erg klein
naar beroep	0,90 gemiddeld	0,96 groot	0,51 erg klein
perspectieven 1993-1998 in % per jaar			
uitbreidingsvraag	2,7 hoog	3,6 erg hoog	2,4 gemiddeld
vervangingsvraag	2,7 gemiddeld	2,9 gemiddeld	3,0 gemiddeld
baanopeningen	5,2 hoog	6,1 erg hoog	5,1 hoog
instroom schoolverlaters	3,9 gemiddeld	6,0 hoog	2,5 laag
arbeidsmarktperspectief	0,95 goed	0,99 redelijk	0,87 goed

bron: ROA

In tabel 3.3 staan de huidige situatie en de vooruitzichten voor de komende jaren voor de hoger technische beroepen beschreven. Belangrijkste punten hierin zijn dat hoewel momenteel de werkgelegenheid dalend is, er voor de komende jaren weer een stijgende werkgelegenheid voorzien wordt. Verder blijken de uitwijkmogelijkheden naar de verschillende branches voor hogere technische beroepen groot te zijn. Borghans en Willems (1994) laten zien dat de verwachte groei zich met name voordoet bij de commerciële diensten en de kwartaire sector (waarbinnen de medische sector valt). Niet alleen is er de komende jaren naar verwachting sprake van een groei van deze sectoren (sectoreffect), maar ook wordt verwacht dat het aandeel van technici in de werkgelegenheid in deze sectoren groter wordt (beroepseffect). Verder laten zij zien dat binnen de hogere technische beroepen een steeds groter

aandeel uit academici zal bestaan.

Tabel 3.3 arbeidsmarktsituatie hoger technische beroepen

aantal werkenden	51.000
trend	dalend
waarvan vrouw	12%
waarvan WO-opleiding	49%
vacatie-graad	1%
waarvan moeilijk vervulbaar	17%
conjunctuurgevoeligheid	gemiddeld
uitwijkmogelijkheden	groot

prognose 1993-1998:

	aantal	jaarlijkse groei	typering
uitbreidingsvraag	5.100	1,8%	hoog
vervangingsvraag	10.300	3,5%	gemiddeld
baanopeningen	15.400	5,1%	hoog

bron: ROA

Tenslotte speelt de flexibiliteit van een studierichting op de arbeidsmarkt een belangrijke rol bij de bepaling van het arbeidsmarktperspectief. In tabel 3.2. stond reeds aangegeven dat de uitwijkmogelijkheden, zowel naar beroep als bedrijfsklasse voor technici aanmerkelijk groter zijn dan voor medici. Het valt echter te verwachten dat voor Biomedische Technologie, door de combinatie van medische en technische elementen de uitwijkmogelijkheden klein zullen worden. De studie zal immers sterk afhankelijk worden van de medische sector. Cruciaal is daarom de stabiliteit van de baanmogelijkheden voor afgestudeerden. Deze werkgelegenheid voor nieuwkomers op de arbeidsmarkt wordt bepaald door de zogenaamde baanopeningen. Dat zijn de vacatures die ontstaan vanwege uitbreidingsvraag en vervangingsvraag. In figuur 3.1. wordt de ontwikkeling van het aantal baanopeningen in de medische sector en de farmacie aangegeven. De berekening van de baanopeningen in procenten van het aantal werkzame technici is opgebouwd uit de uitbreidingsvraag, die bepaald wordt door de werkgelegenheidsgroei in de sector, en de vervangingsvraag. Hierbij is aangenomen dat er jaarlijks 5% vervangingsvraag is. In de praktijk zal echter ook dit cijfer sterk schommelen.

Ter vergelijking is de ontwikkeling van het aantal baanopeningen gegeven voor alle bedrijfssectoren gewogen naar de mate waarin technici hierin in 1985 voorkwamen. Zoals gebruikelijk zullen de fluctuaties in een dergelijke gemengde groep lager zijn dan in een specifieke bedrijfssector. In tabel 3.4. valt echter te zien dat hoewel het aantal baanopeningen in de medische sector daalt de standaarddeviatie kleiner is dan in de andere onderscheiden sectoren.

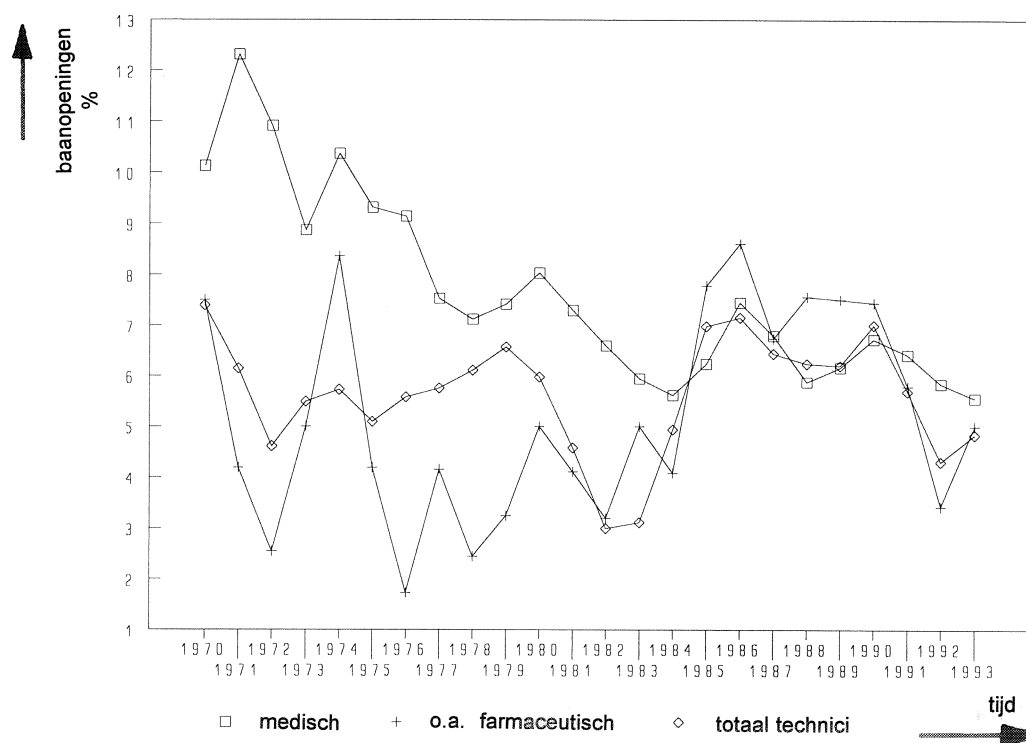
Hoewel Biomedische Technologie zich op een beperkt segment van de arbeidsmarkt lijkt te richten is er in dit segment wel sprake van een relatief stabiele werkgelegenheidsontwikkeling voor nieuwkomers. Alleen voor de totale groep technici is door het tegen elkaar wegvallen van mee- en tegenvallende groeicijfers de standaarddeviatie kleiner.

Tabel 3.4. Standaard-deviatie van de ontwikkeling van het aantal baanopeningen voor enkele bedrijfstakken.

sector	standaarddeviatie baanopeningen
medische	0,018
chemisch (incl. farmacie)	0,020
elektrotechnisch	0,030
bouw	0,040
techniek totaal	0,011

bron: ROA

Figuur 3.1. Ontwikkeling van het percentage baanopeningen voor enkele bedrijfstakken voor de periode 1970-1993.



4. Potentiële vraag naar afgestudeerden Biomedische Technologie in nationaal en internationaal perspectief

4.1. Inleiding

In dit hoofdstuk zal verder worden ingegaan op de kwestie in hoeverre er een arbeidsmarktvrage is naar biomedisch technologen aan de hand van het belang van (bio)medische technologie als functie van Bruto Binnenlands Produkt en het aantal mensjaren dat aan (bio)medisch technologisch onderzoek besteed wordt. Tevens wordt gekeken naar het belang van het (bio)medisch onderzoek in Nederland ten opzichte van een aantal andere landen. Tenslotte wordt een vergelijking gemaakt met de biomedical engineer, die min of meer vergelijkbaar is met de biomedisch technoloog en wordt getracht om de specifieke situatie voor biomedische technologen te beschrijven.

4.2 Biomedische Technologie in een Nederlands perspectief.

Tabel 4.1 geeft een overzicht van academisch opgeleiden naar opleidingsachtergrond en functie die wordt uitgeoefend. Helaas is de sector gezondheid niet in deze tabel opgenomen. Opvallend is dat zowel in de sector techniek als in de sector natuur relatief veel mensen werkzaam zijn in R&D met aandelen van respectievelijk 11% en 18%. Dit is een indicatie dat R&D-activiteiten een aanzienlijke plaats innemen in de Nederlandse werkgelegenheid.

Tabel 4.1 Procentuele verdeling academisch opgeleiden naar opleidingsachtergrond

functiecategorie	techniek %	landbouw %	natuur %	economie %	recht %	gedrag & maatschappij %	totaal %
directie	9	8	5	12	11	9	9
personeelszaken/sociaal beleid	1	1	0	1	5	9	3
productie/techniek	33	12	10	1	1	2	12
marketing	4	7	2	8	3	3	4
verkoop	2	3	2	3	2	1	2
voorlichting/journalistiek	0	2	1	1	1	3	1
financiën/adm. organisatie	2	4	1	37	10	4	9
automatisering	16	10	17	9	1	7	11
juridische dienstverlening	0	0	0	1	42	1	8
maatschappelijke dienstverlening	0	1	2	0	2	11	3
staf/bestuur	3	10	3	7	12	14	8
onderwijs & opleidingen	9	16	31	10	5	21	15
milieu	1	5	3	0	1	2	2
inkoop/logistiek	2	2	1	1	1	1	1
research & development	11	13	18	2	0	5	8
externe adviesfuncties	4	5	1	6	2	8	4
overige functies	1	2	2	1	1	1	1
totaal	100	100	100	100	100	100	100
absoluut	18.091	4.725	11.187	9.653	11.679	11.563	66.898

Bron: CWTS/MERIT (Uit het Nederlands Observatorium van Wetenschap en Technologie)

Tabel 4.2 geeft een overzicht van de R&D-uitgaven van Nederland verdeeld over een drietal sectoren, te weten ondernemingen, speurwerkinstellingen¹ en universiteiten². De tabel laat zien dat de uitgaven aan

1. Onder speurwerkinstellingen wordt het volgende verstaan:
 1. Instellingen gelieerd aan universiteiten.
 2. Overheidsinstellingen
 3. Semi-overheidsinstellingen

R&D in de periode 1988-1991 vrijwel constant zijn gebleven op 9,3 miljard gulden. Uitgedrukt als percentage van het Bruto Binnenlands Produkt (BBP) betekent dit echter een relatieve daling in de uitgaven met 0,3% tot 1,7%. Deze relatieve daling is louter en alleen door de sector ondernemingen gerealiseerd. Tabel 4.3 laat zien wat deze uitgaven voor gevolgen hebben voor de personele omvang.

Tabel 4.2 Uitgaven voor met eigen personeel verrichte R&D als een percentage van het Bruto Binnenlands Produkt (marktprijzen)

jaar	R&D uitgaven mln	BBP mln	totaal %	ondernemingen %	speurwerk instellingen %	universiteiten %
1988	9.242	457.410	2,02	1,32	0,39	0,31
1989	9.292	484.670	1,92	1,24	0,38	0,30
1990	9.394	516.270	1,82	1,12	0,38	0,32
1991	9.266	541.880	1,71	1,00	0,39	0,32

Bron: CBS (speur- en ontwikkelingswerk)

Tabel 4.3 Personeel betrokken bij R&D in de β -wetenschappen

jaar	ondernemingen mensjaren x 1.000	speurwerkinstellingen mensjaren x 1.000	univeriteiten mensjaren (x 1.000) x 1.000	totaal mensjaren x 1.000
1988	30,9	14,4	11,7	57,0
1989	32,5	14,2	11,8	58,5
1990	31,5	14,8	13,3	59,6
1991	29,6	14,9	13,6	58,1

Bron: CBS (speur- en ontwikkelingswerk)

Uit deze tabel blijkt dat in Nederland ongeveer 58.000 mensjaren betrokken zijn bij R&D-activiteiten. De tabel laat tevens zien dat de relatieve afname van de R&D-uitgaven van de sector ondernemingen ertoe geleid heeft dat de werkgelegenheid in deze sector voor de β -R&D met 1.000 mensjaren gedaald is in de periode 1988-1991. Opmerkelijk is dat in de sector universiteiten ondanks het vrijwel gelijkblijvende aandeel van uitgaven aan R&D, het aantal mensjaren met bijna 2.000 steeg. De hier werkzame personen zijn kennelijk gemiddeld relatief goedkoper geworden.

Speurwerkinstellingen

Voor de sector speurwerkinstellingen is het mogelijk om in nader detail naar de R&D-uitgaven te kijken. Tabel 4.4 beschrijft de uitgaven voor met eigen personeel verrichtte R&D naar de voor dit onderzoek relevante terreinen van onderzoek. De tabel laat zien dat het fundamenteel β -speurwerk explosief is gegroeid in de periode 1988-1991. De uitgaven aan medische onderzoekingen daarentegen zijn vrijwel constant gebleven. Tabel 4.5 laat zien hoe deze ontwikkelingen zich vertalen in aantallen benodigde mensjaren.

4. Particuliere instellingen zonder winstoogmerk voornamelijk werkend voor ondernemingen.
5. Overige instellingen, waaronder niet-academische ziekenhuizen.
2. Onder universitaire instellingen worden zowel de universiteiten als de academische ziekenhuizen verstaan.

Tabel 4.4 Uitgaven voor met eigen personeel verrichte R&D naar terrein van onderzoek

	1988 mln	1989 mln	1990 mln	1991 mln
fundamenteel speurwerk β -wetenschappen	391	414	478	503
bescherming en bevordering van de gezondheid van de mens	235	229	238	250
waarvan:				
onderzoek van algemene aard	29	27	29	43
medische onderzoeken	147	146	156	149
voedingsmiddelenhygiëne en voeding	41	42	44	48
overig onderzoek	18	14	9	10

Bron: CBS (Speur- en ontwikkelingswerk)

Tabel 4.5 Personeel betrokken bij R&D naar terrein van onderzoek

	1988 mensjaren	1989 mensjaren	1990 mensjaren	1991 mensjaren
fundamenteel speurwerk β -wetenschappen	3.900	4.100	4.440	3.950
bescherming en bevordering van de gezondheid van de mens	1.880	1.800	1.820	1.880
waarvan:				
onderzoek van algemene aard	240	220	210	320
medische onderzoeken	1.180	1.130	1.190	1.120
voedingsmiddelenhygiëne en voeding	310	330	330	350
overig onderzoek	150	120	90	90

Bron: CBS (Speur- en ontwikkelingswerk)

Deze tabel laat zien dat de explosieve stijging van de uitgaven aan fundamenteel speurwerk in de β -wetenschappen niet geleid heeft tot een groei van het aantal ingezette mensjaren. Ook het aantal mensjaren dat voor medische onderzoeken wordt ingezet is vrijwel gelijk gebleven. In het algemeen kan toch al worden geconcludeerd dat de arbeidsmarkt in deze sector een beperkte is.

Universiteiten

Een tweede sector waarbinnen het mogelijk is om een nader onderscheid te maken naar de R&D-uitgaven is de sector universiteiten. Tabel 4.6 geeft een overzicht van de uitgaven voor met eigen personeel verrichte R&D. In de periode 1988-1991 zijn de totale R&D-uitgaven in de sector universiteiten met 22% gestegen. Van de voor dit onderzoek van belang zijnde gebieden is alleen geneeskunde meer dan gemiddeld gegroeid met 130 miljoen gulden, oftewel 28%.

Tabel 4.6 Uitgaven voor met eigen personeel verricht R&D in de sector universiteiten.

jaar	Geneeskunde mln	Wiskunde- en Natuurwetenschappen mln	Technische Wetenschappen mln	totaal mln
1988	466	402	366	1.405
1989	488	417	362	1.447
1990	592	446	394	1.639
1991	596	465	440	1.715
groei 1988-1991	28%	16%	20%	22%

Bron: CBS (speur- en ontwikkelingswerk)

Tabel 4.7 laat zien dat het aantal ingezette academici zeer sterk is gegroeid. Alle drie de deelgebieden hebben een meer dan gemiddelde toename van het aantal mensjaren voor academici. Bij geneeskunde is deze groei het grootst. Echter, ook deze tabel laat zien dat de werkgelegenheid beperkt is.

Tabel 4.7 Bij R&D betrokken academici in de sector universiteiten.

jaar	Geneeskunde mensjaren	Wiskunde- en Natuurwetenschappen mensjaren	Technische Wetenschappen mensjaren	totaal mensjaren
1988	1.530	1.441	1.245	11.710
1989	1.594	1.441	1.310	11.760
1990	1.853	1.797	1.426	13.260
1991	1.987	1.797	1.523	13.590
groei 1988-1991	30%	25%	22%	16%

Bron: CBS (speur- en ontwikkelingswerk)

Conclusie

Concluderend kan worden gesteld dat vooral in de sector universiteiten perspectieven kunnen zijn voor biomedisch technologen. Voorwaarde hiervoor is echter wel dat de biomedisch technoloog kan concurreren met technisch opgeleiden. Echter, de totale werkgelegenheid voor zowel technisch opgeleiden als de biomedisch technologen in R&D zal beperkt zijn.

4.3 Biomedische Technologie in Internationaal perspectief

Een tweede van belang zijnde punt voor de vraag naar biomedisch technologen is de positie van Nederland in een internationaal perspectief. In deze paragraaf worden de R&D-uitgaven en de octrooieringsactiviteit van Nederland vergeleken met andere landen. De situatie in andere landen kan onder bepaalde voorwaarden gezien worden als aanwijzing voor de richting waarin het Nederlandse onderzoek zich begeeft. Dit veronderstelt echter wel dat er sprake is van convergentie.

Uitgaven aan R&D

Tabel 4.8 geeft een overzicht van R&D-uitgaven in een aantal landen in periode 1988-1991. De tabel laat zien dat Nederland een middenpositie inneemt in de uitgaven aan R&D als percentage van het Bruto Binnenlands Produkt. Het is opmerkelijk dat de Nederlandse uitgaven aan R&D als percentage van het

BBP³ de laatste jaren zelfs aanzienlijk zijn gedaald. Dit is des te opmerkelijker daar de landen met relatief lagere R&D-uitgaven allen een stijging van hun relatieve R&D-uitgaven laten zien. Deze ontwikkeling duidt erop dat Nederland enigszins terrein aan het verliezen is, temeer daar Nederland ver achterblijft bij landen als Duitsland, Frankrijk, Japan, de Verenigde Staten en Zweden.

Tabel 4. 8 Uitgaven voor met eigen personeel verrichte R&D in US-\$ (koopkrachtpariteit) en als percentage van het bruto binnenlands produkt (BBP).

land	jaar	uitgaven in US-\$ x mln	als aandeel van het BBP
België	1988	2.056	1,19
	1989	2.060	1,61
	1990	2.761	1,69
	1991	2.752	1,69
Canada	1988	5.332	1,32
	1989	5.772	1,33
	1990	7.044	1,38
	1991	7.568	1,45
Denemarken	1988	973	1,43
	1989	1.148	1,53
	1990	1.243	1,54
	1991	1.444	1,59
Duitsland	1988		
	1989	26.744	2,88
	1990	32.468	2,81
	1991	34.813	2,58
Frankrijk	1988	17.528	2,31
	1989	18.987	2,32
	1990	23.531	2,40
	1991	25.196	2,42
Japan	1988	51095	2,92
	1989	57.985	3,04
	1990	66.836	3,07
	1991	71.994	3,04
Nederland	1988	4.365	2,30
	1989	4.413	2,17
	1990	4.845	2,06
	1991	4.762	1,92
Verenigd Koninkrijk	1988	17.002	2,20
	1989	19.525	2,27
	1990	20.178	2,22
	1991		
Verenigde Staten	1988	137.816	2,86
	1989	144.821	2,82
	1990	150.765	2,80
	1991	154.348	2,78
Zweden	1988		
	1989	3.647	2,76
	1990		
	1991	3.553	2,54

Bron: CBS (speur- en ontwikkelingswerk)

3. De cijfers voor Wiskunde en Natuurwetenschappen wekken de suggestie dat het CBS deze slechts om de twee jaar herzieet.

Wanneer naar de overheids-R&D-budgetten wordt gekeken, kunnen ook grote verschillen geconstateerd worden (tabel 4.9). Van de landen die in tabel 4.9 zijn beschreven geven alleen de overheden van België, Denemarken en Japan minder uit aan R&D. Opvallend zijn de duidelijke afgenomen overheids-R&D-budgetten in Nederland en het Verenigd Koninkrijk en de toename in overheids-R&D-budgetten in Noorwegen en Denemarken. Deze uitkomst zou er op kunnen duiden dat de Nederlandse overheid relatief minder belang gaat hechten aan door haar gesteunde R&D.

Tabel 4.9 Overheids-R&D-budgetten als percentage van het BBP.

	1983 %	1987 %	1991 %
België	0,61	0,55	0,54
Denemarken	0,52	0,66	0,73
Duitsland	1,14	1,11	1,07
Frankrijk	1,38	1,39	1,42
Japan		0,48	0,45
Nederland	1,04	1,14	0,81
Noorwegen	0,77	0,87	1,07
Verenigd Koninkrijk	1,25	1,05	0,88
Verenigde Staten	1,16	1,28	1,16
Zweden	1,32	1,21	1,30

Bron: MERIT, data: OESO (Uit het Nederlands Observatorium van Wetenschap en Technologie)

Tabel 4.10 Besteding overheids-R&D-budgetten aan milieu en gezondheid

land	1988 %	1989 %	1990 %	1991 %
België	5,0	4,8	3,1	3,2
Denemarken	4,1	4,4	5,4	5,2
Duitsland	6,5	6,5	7,0	7,1
Frankrijk	3,9	4,0	4,1	4,1
Japan		3,1	3,1	3,3
Nederland	5,9	6,0	6,8	6,8
Noorwegen	7,9	8,3	8,2	8,6
Verenigd Koninkrijk	5,8	6,3	7,0	6,4
Verenigde Staten	12,8	13,4	14,0	15,2
Zweden	3,7	4,4	4,1	3,7

Bron: MERIT, data: EUROSTAT (EU-landen), OESO (niet EU-landen)

Tabel 4.10 geeft een nadere uitwerking van tabel 9. Tabel 10 beschrijft het aandeel van milieu en gezondheid in de overheids-R&D-budgetten. De Verenigde Staten heeft, met 15,2%, verreweg het grootste aandeel dat aan milieu en gezondheid wordt besteed. Noorwegen neemt, met 8,6%, de tweede positie in. Met een aandeel van 6,8% neemt Nederland wat betreft het aandeel van overheids-R&D-budgetten dat aan milieu en gezondheid wordt uitgegeven, de vierde plaats in. De meeste landen laten in de periode 1988-1991 een groei zien in het aandeel van de overheids-R&D-uitgaven aan milieu en gezondheid. Alleen in België daalde het aandeel. Deze uitkomsten lijken te duiden op een groeiend belang dat aan R&D op het gebied van milieu en gezondheid wordt gehecht.

Tabel 4.11 laat ten slotte zien dat binnen de Europese Unie het belang van milieu en gezondheid aanzienlijk is toegenomen. Hierbij dient wel te worden opgemerkt dat het een relatief klein aandeel betreft met 17,1% van het totale R&D-budget.

Tabel 4.11 Overheids-R&D-budgetten EU-12 naar doelstelling

doelstelling	1988 %	1989 %	1990 %	1991 %
landbouw	10,0	10,1	9,8	10,4
industrie en ruimte	50,8	52,3	52,2	52,1
milieu en gezondheid	15,4	15,6	17,3	17,1
infrastructuur, energie e.d.	23,8	22,0	20,8	20,4

Bron: MERIT, data: EUROSTAT

Concluderend kan worden opgemerkt dat het belang van door de overheid gefinancierde R&D voor milieu en gezondheid toeneemt. Echter, internationaal gezien lijkt Nederland enigszins terrein te verliezen.

Octrooieringsactiviteiten

Een tweede manier om Nederland in een internationaal perspectief te plaatsen is door de relatieve octrooieringsactiviteit nader te bekijken. Tabel 4.12 geeft een overzicht van de relatieve octrooieringsactiviteit voor 1991. De tabel laat zien dat binnen de meeste technologiegebieden Nederland een relatieve slechte positie inneemt. Alleen op het gebied van de landbouw- en voedingsmiddelentechnologie, de informatieopslag en de elektrotechniek neemt Nederland een vooraanstaande positie in. Op het gebied van de biomedische technologie heeft Nederland relatief lage octrooieringsactiviteit.

Ten slotte kan de relatieve publicatie-activiteit van Nederland in Wetenschappelijke hoofdvelden en disciplines nog nader worden bekeken. Tabel 4.13 geeft een overzicht van de Nederlandse relatieve publicatie-activiteit in 1991-1992. Uit de tabel kan geconcludeerd worden dat Nederland in het algemeen een hoge publicatie-activiteit heeft in internationale wetenschappelijke tijdschriften. Nederland is met name sterk vertegenwoordigd op het gebied van de biologische wetenschappen, wiskunde en informatica, chemische technologie, overige technische wetenschappen, de klinische geneeskunde en de algemene geneeskunde.

Tabel 4.12 Relatieve octrooieringsactiviteit van Nederland in 1991 *,**

technologiegebied	NLD	USA	JPN	GBR	DUI	FRA	SWE	ZWI
landbouw- en voedingsmiddelentechnologie	0,54	-0,08	-0,36	0,11	0,04	0,10	0,05	0,15
telecommunicatie	0,13	0,03	0,11	0,04	-0,18	0,05	0,19	-0,46
informatieopslag	0,33	-0,12	0,45	-0,59	-0,53	-0,61	-	-0,78
elektrotechniek	0,31	-0,09	0,02	-0,19	0,00	0,13	-0,08	0,01
productiemachines, robotica	0,13	-0,13	-0,41	0,02	0,19	0,01	0,30	0,32
beeldoverdracht	0,08	-0,05	0,37	-0,14	-0,54	-0,25	-0,65	-0,67
elektronica	-0,04	0,08	0,31	-0,39	-0,36	-0,16	-0,63	-0,52
polymeerchemie	0,10	0,09	0,08	-0,32	0,09	-0,43	-0,82	-0,39
besturings- en controle-apparatuur	0,07	-0,06	0,11	0,16	-0,14	0,09	-0,23	0,01
constructietechniek, bouwmaterialen, mijnb.	0,09	-0,24	-0,45	0,13	0,21	0,17	0,18	0,10
processtechnologie	-0,02	0,02	-0,25	0,08	0,12	0,04	0,17	0,11
organische chemie en petrochemie	-0,02	0,06	-0,11	0,19	0,05	-0,05	-0,46	0,08
polymeerproductie en -toepassingen	-0,17	0,01	0,03	-0,03	0,11	-0,24	-0,50	-0,02
anorganische chemie, glas, explosieven	-0,16	0,02	-0,18	0,00	0,01	0,25	0,41	-0,46
coating, kristalgroei	-0,11	0,04	0,12	-0,12	-0,04	-0,12	0,01	-0,14
biogenetica, farmaceutica	-0,16	0,15	-0,09	0,17	-0,25	-0,05	-0,13	-0,11
biomedische technologie	-0,13	0,24	-0,42	0,02	-0,11	-0,11	0,40	0,16
dataverwerking	-0,24	0,31	0,14	-0,11	-0,66	-0,23	-0,67	-0,80
lasers	-0,13	0,05	0,26	-0,05	-0,26	0,00	-	-0,64
meetapparatuur, sensoren	-0,17	0,05	-0,07	0,04	-0,01	0,09	0,00	0,23
optische apparatuur	-0,27	0,04	0,34	-0,21	-0,34	-0,40	-0,70	-0,39
papier- en druktechnologie	-0,45	-0,03	0,17	-0,13	0,00	-0,37	0,28	0,00
textiel en textielproductie	-0,29	-0,24	-0,19	-0,08	0,04	0,07	-0,42	0,52
materiaalbewerking, machinegereedschappen	-0,30	-0,20	-0,08	-0,05	0,15	-0,01	0,34	0,26
motoren, turbines, pompen	-0,33	-0,07	-0,08	0,12	0,13	0,05	0,18	-0,16
verkeer, vervoer	-0,25	-0,29	-0,18	0,08	0,22	0,27	0,03	-0,25
elektrische- en nucleaire-energietechnologie	-0,11	0,00	-0,22	-0,19	0,09	0,27	0,36	-0,18
mechanische technologie, wapeniging	-0,17	-0,12	-0,34	0,10	0,20	0,23	0,22	0,08

* Index: Revealed Patent Advantage (RPA)=(a/b), waarbij a=het relatieve aantal octrooien van een land in een gebied, en b=het relatieve aantal octrooien in dat gebied t.o.v. het totaal aantal octrooien over alle landen en gebieden; rekenkundige correctie: $RPA^* = RPA - 1/RPA + 1$.

** Betreft octrooien naar land van uitvinder ('inventory country') en jaar van aanvraag ('priority year').

Bron: CWTS, data: EPO (Nederlands Observatorium van Wetenschap en Technologie)

Tabel 4.13 Relatieve publicatie-activiteit in wetenschappelijke hoofdvelden en disciplines, 1991-1992.

	NLD	DUI	FRA	GBR	ZWI	SWE
Natuurwetenschappen	99,6	128,7	123,4	83,7	120,5	90,3
biologische wetenschappen	112,7	105,1	112,5	96,1	109,6	113,3
chemie	97,0	155,4	131,3	80,7	122,2	75,0
fysica	88,4	146,6	132,6	65,3	155,1	65,9
Wiskunde en Informatica	107,0	98,5	115,6	70,7	63,4	49,5
Technische Wetenschappen	90,2	112,7	92,3	88,6	83,3	67,9
elektrotechniek	82,9	83,9	87,4	103,6	86,5	45,8
materiaalkunde	67,2	132,7	122,7	80,4	79,0	84,0
chemische technologie	117,2	174,5	76,0	67,5	87,0	51,4
werktuigbouwkunde	66,6	67,6	83,4	76,4	31,2	42,9
civiele techniek	87,7	26,4	37,9	130,6	58,6	35,7
overige technische wts.	110,7	127,5	87,3	85,8	101,5	84,4
Medische Wetenschappen	111,8	85,0	94,7	120,3	106,1	140,2
klinische geneeskunde	111,1	90,2	94,3	147,5	108,8	136,6
algemene geneeskunde	116,6	88,5	106,2	94,3	108,6	154,0
farmacologie	101,0	82,4	111,5	104,6	110,0	123,3
gezondheidswetenschappen	90,5	33,6	39,7	103,9	60,5	111,5

Bron: CWTS, data: Science Citation Index, Social Sciences Citation Index, Arts & Humanities Citation Index

Samenvattend kan worden gesteld Nederland een gemiddelde positie inneemt op algemeen technologisch gebied, maar dat deze positie aan het verzwakken is. Wel kan, vooral binnen de Europese Unie een stijgende interesse voor R&D-activiteiten op het terrein van milieu en gezondheid worden waargenomen. Tevens liet deze paragraaf zien dat Nederland op wetenschappelijk gebied een sterke positie inneemt. Een aanpassing aan de verhoudingen in andere landen zou daarom een versterking van het technologisch onderzoek betekenen ten koste van het puur wetenschappelijke onderzoek. Er zijn vooralsnog geen tekenen die duiden op een dergelijke aanpassing van het Nederlandse onderzoek aan de internationale situatie. Wel heeft bij het Ministerie van Economische Zaken het doel om technisch-wetenschappelijk onderzoek in financiële zin meer gewicht te geven. In *Concurreren met kennis* (EZ, 1993) stelt het Ministerie dat 'met een pakket maatregelen (vergroting instroom, verbetering rendement, aantrekkelijker inhoud van onderwijsprogramma's, verbetering en verheldering van beroepsperspectieven e.d.) zal worden getracht de uitstroom van bèta/technisch opgeleiden flink te vergroten. Dit is van belang vanwege de brede betekenis van techniek voor de gehele samenleving en voor het goed kunnen functioneren in velerlei (ook niet-technische) beroepen. Bovendien is dit van belang om tekorten aan bèta/technisch opgeleiden, waar de meeste indicaties op wijzen, te voorkomen.'

4.4. Biomedical Engineers

Biomedical engineers in Europe

In 1992 is een rapport uitgekomen van het Institut für Biomedizinische Technik van de Universität von Stuttgart betreffende de positie van biomedisch ingenieurs in het hoger onderwijs in Europa⁴. Het onderzoek is opgezet vanuit het ERASMUS-programma om de mobiliteit van biomedisch ingenieurs te stimuleren. Vooral voor een multi-disciplinair onderwerp als biomedische technologie is het belangrijk dat studenten de verschillende opleidingsmogelijkheden in de verschillende landen zien. Biomedische Technologie omvat in dit onderzoek het op wetenschappelijke wijze begrijpen van het ontwerpen en het functioneren van medische apparatuur en implantaten. De biofysica is in het onderzoek buiten beschouwing gelaten. Tevens dient opgemerkt te worden dat dit een eerste onderzoek betreft en dat hierdoor nog een aantal biomedisch technologische opleidingen kunnen ontbreken.

In Europa zijn er 97 WO- en HBO-instellingen die een opleiding in de biomedische technologie hebben (82 WO-instellingen, 15 HBO-instellingen). Tabel 14 laat zien dat er ieder jaar zo'n 2900 biomedisch ingenieurs worden opgeleid. Duitsland neemt meer dan een kwart van het totale aanbod van biomedisch ingenieurs voor haar rekening. Ook Spanje en Frankrijk leiden veel biomedisch ingenieurs op. Op basis van de hier gehanteerde definitie scoort Nederland relatief gezien hoog. In Nederland zijn er 10,5 studenten Biomedische Technologie per miljoen inwoners. Alleen in Duitsland (11,1), Zwitserland (14,4) en Zweden (14,4) ligt dit getal hoger. Met name Zweden, maar ook Zwitserland hadden echter tevens een hoge octrooieringsactiviteit op het gebied van de Biomedische Technologie. Voor Duitsland geldt dat minder hoewel dat land over de hele linie wel duidelijk een technologische traditie kent.

De getallen in de tabel impliceren dat in 1986 er in de V.S. 14,3 undergraduates, 2,6 masters en 1,7 promovendi per jaar per miljoen inwoners instromen. Voor wat betreft de aantallen undergraduates zijn deze relatieve getallen vergelijkbaar met Zweden en Zwitserland, hoewel deze opleiding van aanmerkelijk lager niveau is. Op het hogere niveau is de relatieve instroom voor Biomedische Technologie in de V.S. bijzonder laag vergelijken met veel Europese landen.

4. Holtum, D., *Education in Biomedical Engineering in Europe*, Stuttgart, 1992.

Tabel 4.14 Opleidingen voor biomedisch ingenieurs in Europa.

land	studenten biomedische technologie	per miljoen inwoners	instellingen		studenten per jaar per instelling
			benaderd	totaal	
Oostenrijk	58	7,3	2	2	29
België	15	1,5	1	1	15
Bulgarije	40	4,4	1	1	40
Zwitserland	98	14,4	3	3	33
Duitsland	894	11,1	17	18	53
Denemarken	9	1,7	1	1	9
Spanje	323	8,3	4	4	81
Finland	13	2,6	1	3	4
Frankrijk	477	8,3	13	17	37
Groot Brittannië	173	3,0	7	8	25
Griekenland	40	3,9	1	1	40
Hongarije	86	8,3	3	3	29
Ierland	4	1,1	1	1	4
Italië	163	2,8	3	14	54
Nederland	158	10,5	6	6	26
Noorwegen	22	5,1	2	2	11
Polen	80	2,1	4	4	20
Portugal	20	2,0	1	1	20
Zweden	124	14,4	3	4	41
Joegoslavië	110	5,7	3	3	36
Totaal	1907	77	97	38	

Bron: Education in Biomedical Engineering in Europe.

Uit de tabel kan worden afgeleid dat binnen het onderzoek zes Nederlandse onderwijsinstellingen werden aangemerkt als een instelling die een biomedisch technologische opleiding verzorgt. Tabel 4.15 geeft een overzicht van de Nederlandse instellingen die een biomedisch technische opleiding verzorgen. Opvallend is dat hier alleen de Technische Universiteit Eindhoven en de Technische Universiteit Delft in voorkomen. Dit lijkt er op te duiden dat het onderzoek wat Nederland betreft geen volledig beeld geeft, omdat bijvoorbeeld de doctoraal specialisatie Biomedische Technologie aan de Technische Universiteit Twente ontbreekt. Ook valt op dat alle biologisch-medische en farmaceutisch technische opleidingen kennelijk niet tot de biomedische technologie worden gerekend. De begripsbepaling van biomedical engineering in dit onderzoek is dus zeker niet ruim te noemen. Wel valt op dat in Nederland relatief veel biomedisch technologen op het HBO-niveau worden opgeleid terwijl dit in de rest van Europa veelal WO-richtingen betreft.

Tabel 4.15 Biomedische technologie-opleidingen in Nederland.

instelling	biomedisch ingenieurs per jaar
Technische Universiteit Delft	20
Technische Universiteit Eindhoven	50
Hogeschool Eindhoven	20
Hogeschool Enschede	40
Hogeschool Leeuwarden	10
Hogere Technische School Utrecht	8

Bron: Education in Biomedical Engineering in Europe.

Opvallend is dat voor de meeste biomedisch technologische opleidingen op WO-niveau die in het rapport beschreven staan het merendeel voortbouwt op een technische propaedeuse. Slechts enkele universiteiten bieden een volledig doctoraalprogramma aan dat opleidt tot biomedisch ingenieur. Op HBO-niveau is dit wel vaker het geval.

Biomedical engineers in de Verenigde Staten.

De Verenigde Staten hebben al een lange traditie in het opleiden van biomedisch ingenieurs (zie Pilkington et al., 1989). De eerste universitaire opleiding tot biomedisch ingenieur werd in 1972 gestart aan Duke University. De arbeidsmarkt voor biomedisch ingenieurs in de Verenigde Staten heeft zich langzaam ontwikkeld. In het begin van de jaren '70 ontstond er al snel een overschot aan biomedisch ingenieurs, omdat het aanbod van studenten vanaf het begin meteen erg hoog was. Momenteel ziet het er naar uit dat vraag en aanbod van biomedisch ingenieurs goed op elkaar aansluiten.

De eerste biomedische ingenieursopleidingen waren allen Masters-opleidingen die voortbouwden op een baccalaureaat in een standaard technische richting. Snel daarna ontstonden ook de promotie-opleidingen. In 1989 waren er in de VS 40 volledige opleidingen (dus zowel een undergraduate-programma, als een masters-programma) tot biomedisch ingenieur waarvan er 18 erkend waren door de Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET). Om erkend te worden door de ABET moet de opleiding in eerste instantie opleiden tot een goede ingenieur en vervolgens pas daarna biomedische vakken behandelen. De meeste undergraduate-programma's zijn dan ook nauw verweven met de reguliere ingenieurs-programma's. Tabel 4.16 beschrijft de instroom van studenten in het undergraduate-programma, het masters-programma en het promotie-programma in de VS. De algehele tendens van de tabel laat zien dat het aandeel van biomedisch ingenieurs in het totale aantal ingenieurs relatief klein is. De instroom in het undergraduate-programma in de VS lijkt zich te stabiliseren op zo'n 3600 studenten per jaar. Voor het masters-programma en het promotie-programma is dit moeilijk te zeggen, maar de auteurs verwachten dat ook deze groepen zich gaan stabiliseren.

Tabel 4.16 Instroom in het undergraduate-programma, het masters-programma en het promotie-programma in de VS, 1975 - 1986.

jaar	undergraduate-programma		masters-programma		promotie-programma	
	ingenieurs totaal	biomedisch ingenieurs	ingenieurs totaal	biomedisch ingenieurs	ingenieurs totaal	biomedisch ingenieurs
1975	231.300	1.610	26.004	341	11.281	233
1976	257.800	1.954	25.516	302	10.963	210
1977	289.300	2.355	26.107	452	12.359	294
1978	311.200	2.654	25.360	451	12.321	243
1979	340.500	2.724	24.349	464	13.461	279
1980	365.100	3.252	28.571	481	14.465	256
1981	387.600	3.420	30.679	459	15.472	287
1982	403.400	3.478	32.709	510	16.442	287
1983	406.144	3.747	37.769	679	18.540	300
1984	394.635	3.701	37.718	693	19.559	283
1985	384.191	3.518	38.499	641	21.494	348
1986	369.520	3.627	42.664	660	24.227	423

Bron: Pilkington et al.

De medische apparatuurindustrie is in de Verenigde Staten de grootste werkgever voor biomedisch ingenieurs. De vraag naar biomedisch ingenieurs binnen de R&D in deze industrie zal echter het grootst zijn naar gepromoveerde biomedisch ingenieurs.

De arbeidsmarktpositie van min of meer verwante studierichtingen in Nederland.

Een aantal organisaties in Nederland doet systematisch onderzoek naar de werkgelegenheid voor opgeleiden in een bepaalde technische richting. De Commissie Arbeidsmarkt en Maatschappelijke Taak van de Koninklijke Nederlandse Chemische Vereniging doet iedere twee jaar een onderzoek naar de

ontwikkelingen op de arbeidsmarkt voor chemici. Het laatst gepubliceerde rapport dateert uit 1992 en betreft een beschrijving van 1991 en een prognose voor 1992-1993. Er waren in 1991 13.300 chemici met een academische opleiding buiten het middelbaaronderwijs werkzaam, waarvan 5078 het enquête geretourneerd hebben. Helaas, word binnen het onderzoek geen onderscheid gemaakt naar de verschillende richtingen in de chemie. Wel is het duidelijk dat de algemene arbeidsmarktpositie van chemisch opgeleiden gunstig genoemd kan worden. Tabel 4.17 geeft een overzicht van de vacature-schatting 1990-1991, de daadwerkelijke aanname in die periode en de vacature-schatting 1992-1993. De tabel laat zien dat voor de jaren 1992 en 1993 een groot aantal vacatures verwacht wordt. De ervaring van de KNCV heeft geleerd dat ongeveer de helft van de vacatures wordt opgevuld door baan-baan mobiliteit en de helft door nieuwkomers. Dit betekent dat er in de jaren 1992 en 1993 er tussen de 750 en 1400 banen voor schoolverlaters beschikbaar komen. Het merendeel van deze banen zal zich in de industrie en universiteiten voordoen.

Tabel 4.17 Vergelijking tussen vacature-schatting 1990-1991, daadwerkelijke aanname in die periode en vacature-schatting 1992-1993.

academici	totaal in dienst per eind '91	schatting '89 voor '90-'91		aangenomen in periode 1990 - 1991	schatting '91 voor '92-'93	
		laag	hoog		laag	hoog
totaal bedrijfsleven	3.203	385	734	498	262	550
- bedrijven < 100 chemici	898	188	418	204	58	189
- bedrijven > 100 chemici	2.305	197	316	294	204	361
- chemische industrie	2.538			372	218	419
universiteiten	976	197	257	435	281	388
hogescholen	208	24	53	25	7	24
wetenschappelijke instituten	88	3	12	20	7	21
overheid overig	82	14	40	13	0	18
ziekenhuizen	107	11	53	12	5	30
overigen	414	35	62	118	11	30
totaal	5.078	669	1.211	1.121	573	1.061
omgerekend naar totale bestand	13.300			2.900	1500	2.800

Bron: KNCV

Ook het Nederlands Instituut voor Biologen (NIBI) doet regelmatig arbeidsmarktonderzoek. Het NIBI telde in haar jaarlijkse steekproef 880 vacatures voor biologen in 1992. Ten opzicht van het voorafgaande jaar betekende dit een terugloop van ruim 19%. Dit was de eerste daling in het aantal vacatures voor biologen sinds 1985 (het jaar waarin het NIBI begon met haar vacature-analyse). Analyse van de vacatures wees uit dat de terugloop voor éénderde het gevolg waren van een afname in de advertenties voor oio's en aio's op de vakgebieden moleculaire/cellulaire biologie en organismale biologie. Tabel 4.18 geeft een overzicht van de de afgestudeerden biologie naar afstudeerrichting sinds 1986.

Tabel 4.18 Afgestudeerden biologie naar afstudeerrichting sinds 1986.

Afstudeerrichting	86/87 %	87/88 %	88/89 %	89/90 %	90/91 %
moleculair/cellulair	40	39	41	40	46
organismaal	22	23	28	27	23
populatie	26	26	23	25	20
genetica/systematiek	2	2	--	--	--
theoretisch	10	10	8	8	11
totaal (n)	368	505	269	256	275

Bron: NIBI

Tabel 4.19 Afgestudeerden biologie naar baan 1986.

betaalde baan	86/87 %	87/88 %	88/89 %	89/90 %	90/91 %
moleculair/cellulair	91	80	79	78	82
organismaal	76	73	69	69	79
populatie	64	68	49	56	67
genetica/systematiek	100	75	--	--	--
theoretisch	75	82	59	65	77
totaal	79	75	68	69	78
direct bij afstuderen	57	43	39	40	53
(n)	368	505	269	256	275

Bron: NIBI

Tabel 4.19 laat zien dat de beste arbeidsmarktperspectieven binnen de biologie bij de moleculaire/cellulaire richting liggen. Hier blijkt dus duidelijk te gelden dat de meest β -geïntereerde richting de beste arbeidsmarktkansen geeft. Het is echter niet na te gaan in hoeverre persoonskenmerken dit resultaat beïnvloeden.

In 1991 had 53% van de afgestudeerden binnen een maand een betaalde baan. Na een jaar kwam daar nog eens 29% bij. Echter, 13% van de afgestudeerden was na één jaar nog steeds werkloos. Van alle afgestudeerden die binnen een jaar een betaalde baan hadden, kreeg 54% een baan in de universiteiten en academische ziekenhuizen, 34% in het bedrijfsleven, 29% bij onderzoeksinstituten, 18% was in dienst, 14% bij een lagere overheid, 4% bij de provincie, 3% bij het rijk en 3% bij particuliere organisaties. In 67% van de gevallen was dit een tijdelijke aanstelling, in 24% van de gevallen was dit een vaste baan.

De Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen doet ieder jaar een onderzoek naar de arbeidsmarktpositie van biochemici en biofysici na hun respectievelijke doctoraalexamen of promotie. Voor beide opleidingen geldt dat ze multi-disciplinair van opzet zijn met een focus op de gezondheidszorg, en dus gerelateerd zijn aan de studierichting Biomedische Technologie. Tabel 4.20 beschrijft de eerste positie van biochemici na hun doctoraalexamen. Het valt op dat ongeveer 50% aio/oio wordt. Tevens valt er een stijgende werkloosheid waar te nemen tot 10% in 1991. Ook vindt slechts ongeveer 33% een baan buiten de sector universiteiten. Dit alles lijkt er op te duiden dat de arbeidsmarkt voor biochemici zeer beperkt is.

Tabel 4.20 Eerste bestemming biochemici na doctoraalexamen.

bestemming	1986 %	1987 %	1988 %	1989 %	1990 %	1991 %
onderwijs (anders dan universitair)	1	2	1	1	-	1
4-jarige aio/oio	51	43	33	31	54	49
2-jarige aio of onderzoekers/ ontwerpersopleiding	4	2	2	1	2	2
universiteit niet vorige twee	8	6	4	2	6	7
semi-overheid	2	5	6	3	4	1
bedrijfsleven	6	3	7	3	5	4
(academisch)ziekenhuis	-	2	1	-	2	1
buitenland	2	5	3	3	2	3
militaire dienst	-	1	4	7	2	6
diversen	3	1	1	3	5	4
onbekend	23	28	34	34	16	12
werkzoekend	-	3	5	12	2	10
totaal (n)	103	181	194	148	124	162

Bron: KNAW

Wanneer we nu naar de eerste bestemming van biochemici na promotie kijken (tabel 4.21) dan valt op dat ongeveer 33% een baan vindt op een universiteit en ongeveer 33% naar het buitenland vertrekt. Dit lijkt wederom een verdere indicatie voor de krapte van de arbeidsmarkt.

Tabel 4.21 Eerste bestemming biochemici na promotie.

bestemming	1986 %	1987 %	1988 %	1989 %	1990 %	1991 %
onderwijs (anders dan universitair)	3	-	-	2	-	-
universiteit	33	32	25	37	26	33
semi-overheid	9	15	13	7	21	10
bedrijfsleven	19	26	27	15	21	5
(academisch)ziekenhuis	11	11	6	13	11	7
buitenland	17	12	29	23	21	36
militaire dienst	-	-	-	-	-	-
diversen	6	-	-	3	-	2
onbekend	3	3	-	-	-	2
werkzoekend	-	2	-	-	-	5
totaal (n)	36	66	52	60	38	42

Bron: KNAW

Voor de biofysici valt een zelfde, doch iets minder sterk, beeld waar te nemen als voor de biochemici. Na het doctoraal examen is de eerste bestemming veelal een positie als aio/oio (zie tabel 4.22). Tevens is het voor deze groep opmerkelijk dat de werkloosheid in 1991 is gestegen tot 16%. Slechts weinigen vinden een baan in het bedrijfsleven.

Tabel 4.22 Eerste bestemming biofysici na doctoraalexamen.

bestemming	1987 %	1988 %	1989 %	1990 %	1991 %
onderwijs (anders dan universitair)	4	2	3	2	-
4-jarige aio/oio	14	17	14	32	34
2-jarige aio of onderzoekers/ ontwerpersopleiding	1	-	-	3	8
universiteit niet vorige twee	3	5	5	6	4
semi-overheid	1	1	3	-	1
bedrijfsleven	14	11	7	16	5
(academisch)ziekenhuis	1	1	2	2	1
buitenland	2	2	1	3	4
militaire dienst	13	5	2	11	9
diversen	-	1	1	-	-
onbekend	47	52	56	23	18
werkzoekend	-	6	5	2	16
totaal (n)	118	132	115	62	74

Bron: KNAW

Tabel 4.23 laat zien dat ook na promotie de universiteiten de voornaamste werkgever voor biofysici zijn. Ook is er een stijgende trend waar te nemen van gepromoveerden die in het buitenland gaan werken. Het meest opmerkelijk in de tabel is echter de sterke afname van het aantal biofysici dat in het bedrijfsleven gaat werken. Dit lijkt er op te duiden dat in het bedrijfsleven het punt van verzadiging wordt bereikt.

Tabel 4.23 Eerste bestemming biofysici na promotie.

bestemming	1987 %	1988 %	1989 %	1990 %	1991 %
onderwijs (anders dan universitair)	-	-	-	4	2
4-jarige aio/oio	3	3	5	-	-
2-jarige aio of onderzoekers/ ontwerpersopleiding	-	-	-	-	-
universiteit niet vorige twee	37	32	40	37	37
semi-overheid	10	11	7	15	5
bedrijfsleven	33	38	12	18	15
(academisch)ziekenhuis	7	5	9	7	8
buitenland	3	5	9	11	12
militaire dienst	-	-	-	-	5
diversen	-	-	-	-	2
onbekend	7	5	12	7	5
werkzoekend	-	-	7	-	8
totaal (n)	30	37	42	27	40

Bron: KNAW

4.5. Conclusies

De gegevens in dit hoofdstuk laten zien dat in Nederland de activiteit op het gebied van R&D gemeten in geld en octrooieringsactiviteit zeker niet voorloopt op andere landen. Er valt echter geen tendens tot convergentie te bespeuren. Wel valt de Nederlandse bijdrage aan de wetenschappelijke literatuur als groot te kwalificeren. Ook in personen gemeten is de enige groei in R&D activiteiten op medisch gebied te constateren bij de universiteiten.

Hier staat tegenover dat de aantallen opgeleide biomedisch technologen volgens de indeling van Holtum (1992) in Nederland hoog te noemen is. Uitgaande van deze vakgebiedsaftakking lijkt een vergroting

van de kwantiteit op het terrein van de Biomedische Technologie niet nodig om een eventuele achterstand met andere landen weg te werken. Onderzoek van KNAW, KNCV en NIBI lijkt er zelfs op te duiden dat de arbeidsmarkt voor biomedisch technologen al het punt van verzadiging begint te bereiken.

De wenselijkheid van aanpassingen in de studiemogelijkheden lijkt op grond van deze cijfers dan ook niet voort te komen uit kwantitatieve discrepanties en zou dus vooral moeten liggen in de kwalitatieve aspecten van het studie-aanbod. In dit opzicht valt op dat in Nederland vergeleken met het buitenland veel biomedisch technologen op HBO-niveau worden opgeleid. Verder zijn de meeste huidige WO-opleidingen gebaseerd op een volledig technische propaedeuse.

5. Aanbod van leerlingen

Gezien het multi-disciplinaire karakter van de studie biomedische technologie is het niet mogelijk, om de studie in een eenduidige onderwijssector als gebruikt door het Ministerie van Onderwijs en Wetenschappen (1993b) onder te brengen. Verwacht mag worden dat de studie onder andere studenten zal gaan putten uit de groepen die thans kiezen voor een opleiding in de sector gezondheid (Gezondheidswetenschappen, Geneeskunde en Overige Medische Wetenschappen), natuur (Natuurkunde, Scheikunde, Farmacie en Biologie) en techniek (Werktuigbouwkunde, Elektrotechniek, Technische Natuurkunde, Technische Scheikunde).

Een beeld van de aanbodontwikkelingen wordt gegeven door de Referentieraming. In de Referentieraming van het Ministerie van Onderwijs en Wetenschappen, worden op basis van demografische ontwikkelingen en tendensen in de onderwijsdeelname de verwachte toekomstige stromen in het onderwijs bepaald. Uit de Referentieraming (O&W, 1993b) blijkt dat van de gediplomeerde VWO-ers ongeveer 65% voor een opleiding in het Wetenschappelijk Onderwijs (WO) kiest. Dit betekent dat het VWO de grootste leverancier is voor het WO. Het is dan ook van groot belang te bezien hoe de uitstroom van gediplomeerden zich in de toekomst zal gaan ontwikkelen. Tabel 5.1 geeft een overzicht van prognoses van het aantal gediplomeerden in het VWO over de periode 1990 - 2012. Tot het schooljaar 1996/1997 zal het aantal VWO-gediplomeerden dalen van 34.052 in 1990 tot 28.765 in 1996. Vervolgens zal het aantal VWO-gediplomeerden weer stijgen tot 38.487 in 2011. Dit geeft aan dat er op lange termijn weer grotere aantallen studenten in het WO zullen komen.

De Referentie Raming geeft tevens aan dat de stroom gediplomeerde HBO-ers naar het WO aanzienlijk gaat toenemen. In 1990 was het aandeel van de gediplomeerde HBO-ers dat een WO-opleiding gaat volgen nog 5,8%. Voor het jaar 2012 wordt verwacht dat dit percentage gestegen zal zijn tot 11,4%.

Tabel 5.1. Aanbod gediplomeerden met toegang tot het WO

opleiding	1990	1996	2002	2008	2012
VWO	34052	28765	32430	37221	38487
waarvan meisjes	49%	50%	49%	49%	49%
HBO	38900	46198	45546	46751	48998
waarvan meisjes	47%	47%	50%	50%	50%

Bron: Min. O&W (1993)

Met behulp van onderzoek van De Jong e.a. (1992) onder eerstejaars studenten kan, op basis van een enquête in 1991, een verdere differentiatie worden aangebracht naar sectoren waarin men gaat studeren. Hieruit blijkt dat 9,9% naar de sector gezondheid gaat, 10,8% naar de sector natuur en 13,5 % naar de sector techniek. Hierbij valt op dat voor de keuze voor natuur of techniek de hoogte van het gemiddeld eindexamencijfer grote invloed heeft. Verder heeft ook het geslacht grote invloed op de sector waarin men gaat studeren. De sector gezondheid bestaat voor 60% uit vrouwen, terwijl het aandeel van vrouwen in de sectoren natuur en techniek respectievelijk 28% en 12% bedragen. Het is tevens zeer opvallend dat de gemiddelde verwachte studiedruk voor de sectoren gezondheid, natuur en techniek het hoogst blijkt te zijn. Tot slot kan worden opgemerkt dat vooral de schoolverlaters met hoge eindexamencijfers voor een studie in de sector techniek of natuur kiezen.

Tabel 5.2. Verschillen tussen sectoren in het WO

	aandeel in totaal %	aandeel vrouwen %	aandeel VWO	uren studie per week	gemiddeld eindexamen cijfer
economie	14,5	32	94	31,4	6,95
sociaal	15,6	69	68	27,9	6,71
gezondheid	9,9	60	90	35,6	6,88
landbouw	11,1	55	98	34,0	7,02
natuur	10,8	28	86	36,0	7,06
recht	11,4	54	87	27,8	6,72
taal/cultuur	13,1	75	81	26,8	6,80
techniek	13,5	12	91	40,3	7,15

Bron: Min. O&W

Tabel 5.3 laat de verdeling van de instroom in het WO zien over de verschillende sectoren. De aandelen in 1990 verschillen sterk van de vorige tabel. De verklaring hiervoor kan gevonden worden in het feit dat de vorige tabel gebaseerd was op een steekproef, terwijl de onderstaande tabel op de gehele populatie is gebaseerd. De tabel laat zien dat het aandeel van studenten techniek en gezondheid afneemt in tijd, en dat het aandeel van studenten in de sector natuur toeneemt. De daling bij de sector gezondheid is overigens veel sterker dan de daling bij techniek.

Tabel 5.3. Verwachte instroom in de WO-sectoren

opleiding	1990 %	1996 %	2002 %	2008 %	2012 %
economie	16,5	15,9	16,8	17,4	17,5
sociaal	19,4	23,5	24,4	24,5	24,3
gezondheid	6,7	6,7	6,0	5,7	5,7
landbouw	3,7	2,9	2,9	2,9	2,9
natuur	7,1	7,5	8,2	8,5	8,6
recht	14,4	12,5	11,0	10,4	10,4
taal/cultuur	16,4	15,7	15,5	15,5	15,6
techniek	15,9	15,4	15,1	15,1	15,1
Totaal	34.463	35.553	38.679	43.365	44.848

Bron: Min. O&W

Gezien het feit dat de studierichting Biomedische Technologie voor het aanbod van studenten vooral zal moeten putten uit bepaalde concurrerende studierichtingen, is het interessant om deze ontwikkeling specifiek te beschouwen. Tabel 5.4. geeft een overzicht van de ontwikkelingen binnen deze studierichtingen zoals deze in de WO-verdeelraming (O&W, 1993) staan beschreven. Opgemerkt dient te worden dat door dit lage aggregatieniveau de betrouwbaarheid van de prognoses aanzienlijk afneemt. Opvallend in de tabel is dat de verwachte studentenaantallen voor 2005 nog onder het niveau van 1990 liggen. Dit wijst er op dat er geen studenten geworven kunnen worden uit de groeiende belangstelling voor de onderstaande studierichtingen. Biomedische Technologie zal dan ook de concurrentie moeten aangaan met deze studierichtingen, aangezien een sterke toename in interesse voor deze opleidingen in totaliteit onwaarschijnlijk lijkt. Onderzoek bij leerlingen op HAVO/VWO van Willems en De Grip (1993) laat zien dat technisch hoger onderwijs bij de leerlingen het imago heeft dat de moeilijkheidsgraad vrij hoog is. De leerlingen verwachten dat het technische onderwijs de moeilijkste richting is, waarbij het beeld bij meisjes nog extremer is dan bij jongens. Ook is het opvallend dat meisjes, in tegenstelling tot jongens, de kans op saai werk in verhouding tot een opleiding in de andere sectoren erg hoog achten. De discrepantie in

het beeld dat jongens en meisjes van technische studies hebben, bestaat ook met betrekking tot de verwachte mate van zelfstandigheid van technisch opgeleiden.

Tabel 5.4. Verwachte instroom in enkele studierichtingen

opleiding	1990	1995	2000	2005
Wiskunde	196	199	208	223
Natuurkunde	353	293	293	304
Scheikunde	532	475	476	493
Farmacie	203	226	227	235
Biologie	642	781	940	1134
Techn. Wiskunde	204	192	192	199
Werktuigbouwkunde	938	744	746	772
Elektrotechniek	616	448	449	464
Techn. Natuurkunde	496	471	469	478
Techn. Scheikunde	562	477	452	440
Geneeskunde	1414	1419	1419	1419
Overige med. wts	232	392	395	412
Gezondheidswts	305	219	140	63
Totaal	6693	6336	6406	6636

Bron: Min. O&W

Tabel 5.4 laat tevens zien dat de studierichtingen Biologie en Overige Medische Wetenschappen een forse toename van het aantal studenten laten zien. Dit lijkt te duiden op een grotere belangstelling voor natuur en gezondheid. Willems en De Grip (1993) laten zien dat de keuze voor een studierichting vaak al met het vakkenpakket wordt vastgelegd. Zij vroegen (onder andere) aan een aantal VWO-leerlingen zowel hun vakkenpakket als hun studieplannen. Tabel 5.5 geeft een overzicht van de resultaten op basis van deze enquête. Er wordt alleen gevraagd naar vrij grote opleidingscategorïen. Het vakkenpakket is getypeerd, op basis van de zogenaamde 'doorstroomprofielen' die het Ministerie van Onderwijs en Wetenschappen beoogt in te gaan voeren. Het doorstroomprofiel 'Natuur en techniek' betreft de VWO-ers die zowel wiskunde (A of B) als natuurkunde en scheikunde in hun pakket hebben. 'Economie en maatschappij' betreft leerlingen die (1) Frans, Duits of Engels, (2) economie of handelskennis en (3) wiskunde (A of B), maar geen biologie in hun pakket hebben. 'Cultuur en maatschappij'-leerlingen hebben de vakken (1) Frans of Duits en (2) geschiedenis en voor het profiel 'natuur en gezondheidszorg' moet men (1) wiskunde (A of B) en (2) biologie in het pakket hebben. Indien een vakkenpakket volgens deze criteria in meer dan één profiel zou passen, dan is het door Willems en De Grip ingedeeld bij het eerstgenoemde profiel van de hierboven gepresenteerde opsomming⁵.

Iedere cel in tabel 5.5 bevat achtereenvolgens het absolute aantal, het rijpercentage en het kolompercentage.

De steekproef waarop tabel 5.5 gebaseerd is, is erg klein, maar de tabel geeft toch een indicatief beeld van de typen studenten die voor bepaalde studierichtingen kiezen. Overigens moet opgemerkt worden dat het hier slechts gaat om de voorgenomen studiekeuze. Deze kan uiteraard afwijken van de uiteindelijke studiekeuze. Met name bij studierichtingen met een numerus fixus zal de uiteindelijke keuze afwijken van deze plannen.

5. Daarnaast is het mogelijk dat een vakkenpakket aan geen van de vier genoemde criteria voldoet. Deze gevallen zijn buiten beschouwing gelaten.

Tabel 5.5. Relatie tussen vakkenpakket en voorgenomen studiekeuze van VWO-ers. Achtereenvolgens het absolute aantal, het rijpercentage en het kolompercentage

	natuur en techniek	natuur en gezondheid	economie en maatschappij	cultuur en maatschappij	totaal
Sociaal-wetenschappelijk	2 15 % 3 %	5 39 % 29 %	6 46 % 9 %		13 7 %
Technisch	22 76 % 32 %		7 24 % 10 %		29 17 %
Medisch	19 95 % 28 %	1 5 % 6 %			20 11 %
Economisch	4 22 % 6 %		13 72 % 19 %	1 6 % 4 %	18 10 %
Juridisch	2 15 % 3 %		4 31 % 6 %	7 54 % 30 %	13 7 %
HBO	14 27 % 21 %	8 15 % 47 %	22 42 % 33 %	8 15 % 35 %	52 30 %
Overige	5 28 % 7 %	2 11 % 12 %	8 44 % 12 %	3 17 % 13 %	18 10 %
Totaal	68 39 %	17 10 %	67 38 %	23 13 %	175 100 %

Bron: ROA

Voor de studierichting Biomedische Technologie lijken met name de profielen natuur en gezondheid en natuur en techniek de relevante doelgroepen, omdat deze leerlingen wiskunde en zeer waarschijnlijk 2 vakken van natuurkunde, scheikunde en biologie in hun pakket hebben. Opmerkelijk is dat van de leerlingen met het profiel natuur en gezondheid een grote groep voor een HBO-opleiding kiest. Tevens valt het op dat leerlingen met het profiel natuur en techniek veel voor een medische studie kiezen. In de steekproef kiest geen enkele leerling met het studieprofiel natuur en gezondheid voor een technische studie. Aangezien juist de belangstelling voor vakkenpakketten binnen natuur en gezondheid toeneemt, zou deze groep echter interessant kunnen zijn voor de studierichting Biomedische Technologie.

Ook De Jong et al. (1992) hebben een enquête gehouden onder middelbare scholieren naar hun verwachte studiekeuze. In dit onderzoek werd zowel naar het leukste doorstroomprofiel als naar het waarschijnlijk gekozen doorstroomprofiel gevraagd. Voor dit onderzoek zijn de doorstroom profielen als volgt gedefinieerd:

1. Natuur en techniek
Veel wiskunde en de meer technische delen van natuur- en scheikunde; bedoeld voor technische, natuurwetenschappelijke, agrarische en paramedische vervolgopleidingen.
2. Natuur en gezondheid
Minder wiskunde en de meer algemene delen van de natuur- en scheikunde en verder met biologie; bedoeld voor agrarische en paramedische opleidingen.
3. Economie en maatschappij
Met wiskunde, een moderne taal, economie en meer maatschappijleer; bedoeld voor opleidingen als economie, sociale studies en lerarenopleidingen.
4. Cultuur en maatschappij
Met moderne talen, geschiedenis, maatschappijleer en delen van economie; bedoeld voor allerlei culturele en maatschappelijke vervolgopleidingen en leraren opleidingen en lerarenopleidingen.

Tabel 5.6 beschrijft voor welk profiel leerlingen een voorkeur hebben en voor welk profiel zij waarschijnlijk zullen kiezen. Wat hierbij opvalt is dat een redelijk percentage waarschijnlijk niet kiest voor het doorstroomprofiel dat men het leukste vindt. Voor de studierichting Biomedische Technologie zijn vooral 'natuur en techniek' en 'natuur en gezondheid' van belang. Er kiezen meer leerlingen voor een opleiding in 'natuur en techniek' dan er een voorkeur hebben voor dit opleidingsprofiel. Bij 'natuur en gezondheid' kiezen relatief weinig leerlingen deze studierichtingen ten opzichte van de groep die een voorkeur voor dit profiel heeft. Deze resultaten duiden er op dat bij de keuze van het studieprofiel meer factoren invloed hebben op de daadwerkelijke keuze dan alleen het al dan niet leuk vinden van het betreffende profiel. Deze factoren, waarvan het arbeidsmarktperspectief er een zal zijn, zijn er de oorzaak van dat leerlingen veelvuldig afwijken van hun voorkeur.

Tabel 5.6. Leukste en waarschijnlijk gekozen doorstroomprofiel naar geslacht

	leukste profiel		waarschijnlijk gekozen profiel	
	man %	vrouw %	man %	vrouw %
natuur en techniek	41,3	8,3	44,5	10,0
natuur en gezondheid	10,0	25,0	8,0	22,3
economie en maatschappij	34,7	28,9	38,7	36,1
cultuur en maatschappij	14,0	37,8	8,8	31,6

Bron: Min. O&W

Tabel 5.7 laat zien wat het waarschijnlijk gekozen doorstroomprofiel is gegeven het leukste doorstroomprofiel. Wat hier het meest opvalt is dat 38% van de leerlingen die een opleiding in natuur en gezondheid het leukste vindt waarschijnlijk zal kiezen voor een opleiding in natuur en techniek. Er blijkt dus een omvangrijke groep leerlingen te zijn die een voorkeur heeft voor een medische studierichting, maar uiteindelijk toch kiest voor techniek. Deze groep leerlingen is met name interessant voor de studierichting Biomedische Technologie aangezien deze groep naast biologie en wiskunde waarschijnlijk tevens een voldoende basis in natuurkunde en scheikunde zal hebben. Naast de groep leerlingen die voor techniek kiest ondanks een voorkeur voor een medische opleiding, bestaat er ook potentieel aanbod voor Biomedische Technologie van studenten die uitgeloot worden voor de studierichting Medicijnen. Dit potentieel aanbod moet echter niet overschat worden. Ten eerste zal een groot deel van hen na één jaar alsnog proberen Medicijnen te gaan studeren. Zij gebruiken Biomedische Technologie alleen als een aantrekkelijke parkeerstudie. De aantrekkelijkheid wordt overigens verhoogd door een gedeeltelijk overlappend curriculum, zodat de overstap naar Medicijnen wordt vereenvoudigd. Ten tweede staat de numerus fixus bij Medicijnen ter discussie. Het is niet denkbeeldig dat over enkele jaren de toegang tot de medicijnen-studie vrij is.

Concluderend kan gesteld worden dat er, gezien de interesses van de VWO-leerlingen, mogelijkheden lijken te zijn voor een studierichting Biomedische Technologie. Echter, het aantrekken van de studenten voor Biomedische Technologie zal ten koste moeten gaan van andere studierichtingen, aangezien het niet aannemelijk lijkt dat het aantal leerlingen met een voorkeur voor 'natuur en techniek' of 'natuur en gezondheid' zal stijgen. Ook dient er rekening mee te worden gehouden dat als de studie een zwaar β -karakter krijgt de groep met een 'natuur en gezondheid' profiel zal wegvallen. Dit betekent dat de potentiële studentenpopulatie uit een nog kleinere groep opleidingen moet komen, welke bijna allen al een constante of licht dalende trend vertonen.

Tabel 5.7. Waarschijnlijk gekozen doorstroomprofielen per leukste doorstroomprofiel bij VWO-ers, HAVO-ers en MBO-ers, naar geslacht.

waarschijnlijk gekozen profiel	leukste doorstroomprofiel							
	natuur en techniek		natuur en gezondheid		economie en maatschappij		cultuur en maatschappij	
	man %	vrouw %	man %	vrouw %	man %	vrouw %	man %	vrouw %
natuur en techniek	90,8	79,3	28,0	8,0	5,8	2,0	8,6	2,3
natuur en gezondheid	2,4	6,9	56,0	77,1	1,7	1,0	5,7	5,7
economie en maatschappij	6,3	8,6	6,0	9,7	90,8	92,1	28,6	16,7
cultuur en maatschappij	0,5	5,2	-	5,1	1,7	5,0	57,1	75,4

Bron: Min. O&W

6. Gesprekken met deskundigen

6.1. Inleiding

In aanvulling op de literatuur en beschikbare data die in de vorige hoofdstukken is beschreven zijn er in het kader van het onderzoek naar de arbeidsmarktperspectieven voor een studierichting Biomedische Technologie een tiental gesprekken gevoerd met deskundigen uit het mogelijke toekomstige werkveld van de studenten Biomedische Technologie. Vanwege het specifieke karakter van de studierichting leek het nuttig om de afstandelijke cijfermatige beschrijving aan te vullen met inzichten van degenen die de arbeidsmarktsituatie van binnenuit kennen en in de toekomst wellicht Biomedische Technologen in dienst zullen gaan nemen. In de empirische analyses is het moeilijk de focus precies op Biomedische Technologie te richten, waardoor de bevindingen soms te globaal van aard zijn om een oordeel over de studierichting Biomedische Technologie te kunnen geven. Een voordeel van de empirische bevindingen is het objectieve karakter van de gegevens. De deskundigen-interviews geven daarentegen een gedetailleerd inzicht in de specifieke situatie, maar blijven de oordelen natuurlijk subjectieve beoordelingen, die niet garant kunnen staan voor representativiteit. Het zal dan ook blijken dat op een aantal punten de oordelen van de deskundigen sterk uiteenlopen. Deze uiteenlopende meningen hangen sterk samen met de positie die men bekleedt. Andere punten blijken echter herhaaldelijk naar voren te worden gebracht.

De gevolgde procedure bij de interviews was als volgt. De ad hoc commissie onderwijsontwikkeling van de TUE en RL heeft een lijst samengesteld van personen die vanwege hun deskundigheid in aanmerking kwamen voor een gesprek. Deze lijst was ingedeeld in vier categorieën, te weten 'algemeen', 'medische technische bedrijven', 'onderzoeksinstituten' en 'ziekenhuizen'. Gestreefd is om uit deze categorieën minstens respectievelijk 3,4,1 en 2 personen te interviewen. Afgezien van een drietal personen die vanwege een te sterke band met de RL of de TUE zijn weggelaten van de lijst, is vervolgens in de door de commissie aangegeven volgorde geprobeerd de deskundigen uit te nodigen voor een interview. Vanwege het feit dat de interviews in augustus werden afgenomen viel een groot aantal kandidaten af. Verder wezen sommigen een gesprek af omdat ze meenden niet inhoudsdeskundig te zijn. Een aantal van de deskundigen die zelf niet beschikbaar waren of die meenden niet voldoende op de hoogte te zijn van de ontwikkelingen binnen Biomedische Technologie stelden zelf een alternatieve deskundige voor. Deze voorstellen zijn altijd opgevolgd. De in eerste instantie opgegeven lijst leverde zeven afspraken op. Op basis van enkele door de commissie ingebrachte, additionele namen kon het aantal interviews worden aangevuld tot tien.

Vervolgens hebben de tien deskundigen die geïnterviewd zouden worden een korte notitie toegezonden gekregen waarin de bedoeling van het gesprek, de globale opzet van de studie en enkele belangrijke inzichten uit de literatuur werden aangegeven. Verder bevatte deze notitie, die als appendix bij dit rapport is gevoegd, enkele vragen die als uitgangspunt voor de gesprekken dienden. De gesprekken zijn gevoerd door Jeroen Hoevenberg van het ROA. Dr. P. Boekhoudt woonde de gesprekken bij om vanuit de commissie toelichting te kunnen geven op de inhoudelijke aspecten van de studierichting. De gesprekken zijn op band opgenomen en vervolgens samengevat. Deze samenvattingen zijn aan de deskundigen ter goedkeuring voorgelegd. Na eventuele aanpassingen van de deskundigen (inhoudelijke correcties en nuanceringen) zijn deze verslagen opgenomen in dit hoofdstuk. Het volgende hoofdstuk bevat een overzicht van de oordelen van de deskundigen. Hierin wordt vooral de nadruk gelegd op de rode draad in de tien gesprekken. Omdat de tien deskundigen echter duidelijk allemaal hun eigen invalshoek op de problematiek hadden en vaak uitgesproken ideeën met betrekking tot bepaalde onderdelen hiervan hadden, is in dit hoofdstuk ook de tekst van deze verslagen opgenomen.

6.2 INTERVIEW MET DR.IR. T. VAN BEEKUM

(TNO Leiden, Divisie Technologie in de Gezondheidszorg, Sectie Technology Assessment)

Dr. Van Beekum heeft aan de Technische Universiteit Delft technische natuurkunde gestudeerd en is aan de Universiteit Utrecht gepromoveerd binnen neuro-fysiologie. Vervolgens is hij plaatsvervangend hoofd van de voormalige medisch technische dienst van TNO geweest. Momenteel is dr. Van Beekum hoofd van de sectie Technology Assessment (TA) van TNO, die deel uitmaakt van de divisie Technologie in de Gezondheidszorg (TG), waartoe tevens de secties Medische Informatica en Medische Technologie behoren. Het onderzoek binnen de sectie Technology Assessment richt zich met name op neveneffecten van toepassing van technologie van belang voor beleidsvorming. Hierbij kan gedacht worden aan kwaliteitsaspecten van nieuwe medische technologieën en de technology lifecycle. De voornaamste klanten zijn:

- 1. de Ziekenfondsraad; met name advisering over het al dan niet opnemen van nieuwe behandelwijzen in het ziekenfondspakket.*
- 2. het Ministerie van Welzijn, Volksgezondheid en Cultuur; voornamelijk advisering op het gebied van de thuiszorg en het algemeen beleid.*
- 3. Rathenau Instituut (voorheen de Nederlandse Organisatie voor Technologisch Aspecten Onderzoek, NOTA); projecten in de extramurale zorg en algemene ontwikkelingen binnen de technology assessment.*
- 4. Europese Unie; BIOMED, een netwerk voor gouvernementele TA-bureaus en TIDE (Technology Initiative for Disabled and Elderly) onderzoek dat zich richt op de gehandicapten- en ouderenzorg.*

Dr. Van Beekum is tevens lid van het bestuur van de afdeling gezondheidstechniek van het Koninklijk Instituut voor Ingenieurs (KIVI) en voorzitter van de kring biomedische technologie van de vereniging Biofysica.

Dr. Van Beekum ziet een snelle technologische ontwikkeling in de medische sector, maar vindt dat er nogal eens voorbij wordt gegaan aan de maatschappelijke relevantie van deze technologische ontwikkelingen. Dr. Van Beekum verwacht met name een sterke ontwikkeling binnen de velden moleculaire biologie, farmacie, biomaterialen en informatica/ informatievoorziening. Op het gebied van de moleculaire biologie verwacht dr. Van Beekum de sterkste ontwikkelingen in de nabije toekomst, als gevolg van het snel toenemende nieuwe inzicht in dit vakgebied. Dr. Van Beekum constateert dat er nog steeds relatief veel geld gaat naar het van oudsher belangrijke onderzoek naar hart en vaten, kanker en immunologie. Hij hoopt, en ziet reeds tendensen, dat in de toekomst de nadruk in de medische wereld wordt verlegd van 'cure' naar 'care'. Dit betekent dat het medisch onderzoek haar aandacht verlegt van onderzoek naar genezing naar onderzoek gericht op de verbetering van de kwaliteit van het leven. Dit zou de maatschappelijke relevantie van de technologische ontwikkeling in de medische sector aanzienlijk kunnen verhogen.

Dr. Van Beekum verwacht dat de vraag naar onderzoekers sterk zal toenemen. Hij denkt echter niet dat dit tot een toename van het soort biomedisch onderzoekers zal leiden zoals de Rijksuniversiteit Limburg en de Technische Universiteit Eindhoven zich deze voorstellen. Dr. Van Beekum ziet technologische ontwikkeling vooral als een maatschappelijk probleem, waaraan de afzonderlijke medicus en technicus nogal eens voorbij gaan. Vaak gaat het zo dat een dokter met een probleem zit, de ingenieur dit oplost, waarbij de ingenieur denkt voor de gezondheidszorg te werken. Dit is volgens dr. Van Beekum lang niet altijd waar. Het ontwikkelen van nieuwe technologieën lost niet zonder meer maatschappelijke problemen op. Oftewel: 'Een ingenieur kan meestal het probleem van één dokter wel oplossen; een ingenieur is niet het bedrijfsleven; een dokter is niet de gezondheidszorg; het bedrijfsleven is niet de economie en de economie is niet de maatschappij'. Een biomedisch technische opleiding zou zich juist meer moeten richten op maatschappelijke problemen. In ieder geval zouden onderzoekers meer oog moeten hebben

voor de maatschappelijke omvang van het probleem waaraan zij werken. Dr. Van Beekum hecht daarom veel waarde aan een vak als epidemiologie, waarbij zowel de populatie-epidemiologie als indicator van ziektelast, als de klinische epidemiologie als drager van evaluatie-onderzoek voor het terrein van medische technologie van enorm belang zijn. Dr. Van Beekum ziet technologie als een klein radertje in het grote gebied van de gezondheidszorg. Wanneer men de effecten van toepassing van technologie in ogenschouw neemt (en zeker de maatschappelijke effecten), dan blijkt technologie op zich niet veel te betekenen. Er zijn pas effecten als mensen, organisaties e.d. er iets mee doen. Er moeten altijd keuzes gemaakt worden, beslissingen genomen over wel of niet toepassen, over hoeveel en wanneer, over wat te doen met de resultaten, etc. Dr. Van Beekum is van mening dat de beleidsmatige, bestuurlijke, beheersmatige kant op alle niveaus in de gezondheidszorg minstens zo belangrijk is als de technologische mogelijkheden wanneer het gaat over het realiseren van maatschappelijk relevante doelstellingen. Een opleiding die heel diep in medisch/technische onderwerpen duikt, loopt het risico juist aan deze aspecten voorbij te gaan.

Dr. Van Beekum onderkent het communicatieprobleem tussen de techniek aan de ene kant en de geneeskunde aan de andere kant. Een intermediair tussen techniek en geneeskunde zou een bijdrage kunnen leveren aan de oplossing van het communicatieprobleem. Dr. Van Beekum zou het liefst zien dat deze intermediair een derde partij wordt die naast de intermediaire functie tussen technicus en medicus tevens de maatschappelijke relevantie in het oog houdt. Een dergelijke derde partij zou ook zeer goed passen in de veranderende houding in de geneeskunde van 'cure' naar 'care'. De opleiding zou dan ook een generalist moeten voortbrengen die zowel met de technicus als met de medicus in gesprek kan en tevens het belang voor de gezondheidszorg kan overzien.

Binnen TNO zijn een groot aantal van de onder vraag 4 (zie appendix) vermelde studierichtingen vertegenwoordigd. Het lijstje zou volgens hem kunnen worden aangevuld met industrieel ontwerpen (Technische Universiteit Delft) en biomedische wetenschappen (Rijksuniversiteit Leiden). Dr. Van Beekum mist steeds vaker de nodige sociale vaardigheden bij pas afgestudeerden, wat soms een belemmering kan vormen in de mogelijkheden om tot interdisciplinaire samenwerking te komen. Dr. Van Beekum denkt dat dit mede veroorzaakt is door de invoering van de twee-fasenstructuur.

Dr. Van Beekum ziet niets in een studie Biomedische Technologie waarin de nadruk wordt gelegd op diepe medische en technische kennis voor onderzoeksdoeleinden. Hij schat in dat er slechts een zeer beperkte arbeidsmarkt zal zijn voor opgeleiden met een opleiding zoals de RL en de TUE die voorstaan. Dr. Van Beekum schat dat er momenteel ongeveer 1000 mensen in de biomedische technologie werkzaam zijn in Nederland die allemaal zeer lang een bepaalde arbeidsmarktplaats innemen. Zijn schatting is dat dit zal leiden tot een vraag naar ongeveer 20 biomedisch technologen per jaar. Het specifieke terrein van R&D als afzetmarkt van biomedisch technologen acht dr. Van Beekum ook zeer beperkt. Zijn schatting is dat in de universiteiten ongeveer 200 mensen werkzaam zijn op het gebied van de biomedische technologie, wat een relatief zware bezetting is, maar niet tot een groot aantal nieuwe arbeidsplaatsen zal leiden. Tevens ziet hij dat de biomedische industrie in Nederland relatief klein is, en verschillende grote bedrijven hun R&D in het buitenland doen.

Dr. Van Beekum zou een voorstander zijn van een breder (generalistischer) opgezette studie Biomedische Technologie waarbinnen, naast technische en puur medische vakken, tevens veel aandacht wordt gegeven aan vakken als epidemiologie, medische sociologie, pathologie en organisatie van de gezondheidszorg. Studenten zouden dan opgeleid worden voor een baan in de beleidsvormende en beleidsuitvoerende delen van de gezondheidszorg. De beleidskant en de beheerskant van de gezondheidszorg bieden volgens dr. Van Beekum meer mogelijkheden, al zal het ook hierbij om een beperkte arbeidsmarkt gaan. Vooral ziekenhuizen en het relatief nieuwe gebied van de thuiszorg bieden

de nodige perspectieven voor generalistisch opgeleide biomedisch technologen.

6.3 INTERVIEW MET DE HEREN BERGMANS EN VAN DER WAL

(Pie Medical, Maastricht).

Pie Medical ontwikkelt, produceert en verkoopt medische ultra-geluidapparatuur voor het marktsegment 'medium performance and low cost' voor voornamelijk de gebieden obstetrie, gynaecologie, urologie en veterinaire. In het algemeen zijn dit portable apparaten die wereldwijd verkocht worden. Het onderzoek van Pie Medical richt zich vooral op de ontwikkeling van nieuwe toepassingen. De heer Bergmans is plaatsvervangend hoofd Research & Development (R&D) en de heer Van der Wal is productmanager verkoop.

De indruk van Pie Medical is dat in het bedrijfsleven nog altijd zeer veel op het gebied van de medische technologie gebeurt. Vooral op het gebied van de radiologie en de revalidatie ziet men nog sterke ontwikkelingen. Ook ziet men steeds meer integratie van verschillende deelsectoren in de industrie. Als voorbeeld wordt genoemd de ontwikkeling op het gebied van de prostaatkanker waarbinnen samenwerking plaatsvindt tussen industrieën op het gebied van medicijnen, diagnose en therapie. Op termijn verwacht Pie Medical dat de werkgelegenheid in de medisch technische sector zeker zal gaan stijgen. Pie Medical ziet geen ontwikkeling naar een behoefte aan steeds hoger opgeleiden. Pie Medical ziet zichzelf als een bedrijf dat een positie tussen HBO- en WO-niveau inneemt, waarbij de vraag of iemand een universitaire opleiding of een HBO-opleiding heeft er niet toe doet, het gaat hen uiteindelijk gewoon om de kwaliteit van de betreffende persoon.

Bij Pie Medical is momenteel geen persoon werkzaam waarin een medische en een technische achtergrond is geïntegreerd. Pie Medical zou wel behoefte hebben aan een persoon die beide vakgebieden beheerst. Pie Medical ziet dat er een communicatieprobleem is tussen technici en medici, en verwacht dat dit probleem door een goede biomedisch technoloog zou kunnen worden opgelost. Pie Medical definieert het communicatieprobleem als volgt: Wanneer een technicus in een ziekenhuis komt ziet deze niet wat het probleem van de arts is, terwijl de arts het probleem wel ziet maar niet weet wat er technisch mogelijk is. Een ander probleem dat gesignaleerd wordt is dat een technicus nogal eens moeilijkheden heeft om door een arts voldoende serieus te worden genomen. Om door een arts eerder gezien te worden als een gelijkwaardige gesprekspartner zou meer medische kennis een voordeel zijn. Echter, het lijkt erg moeilijk om beide vakgebieden op voldoende niveau in één studie te verenigen. Voorop moet blijven staan dat de technische aspect van de studie zwaarder moet wegen dan de medische aspecten, omdat de meeste medische ontwikkelingen toch 'technology driven' zijn. Tevens zal de opleiding zowel technisch als medisch een zeer hoog niveau moeten bieden. Een biomedisch technoloog zou ook een rol kunnen spelen in de evaluatie van nieuwe producten.

Pie Medical heeft de indruk dat de specialisatie op de twee gebieden van Biologische Structuren en Materialen en Biomedische systeem- en Informatietechnologie er weleens toe zou kunnen leiden dat de arbeidsmarkt erg krap zal worden voor opgeleiden Biomedische Technologie. Wel ziet Pie Medical duidelijke synergie-effecten tussen technische en medische vakken en denkt dat het zeer wel mogelijk moet zijn om deze vakgebieden te integreren door de voor het medisch onderzoek overbodige technische kennis weg te laten, en deze ruimte in te vullen met specifieke medische kennis. Het lijkt Pie Medical dat dit een voordeel is ten opzichte van een technische studie met een mogelijke specialisatie in de biomedische technologie, omdat bij deze studies de medische kennis pas op een later tijdstip wordt ingebracht, waarbij dit waarschijnlijk ten koste zal gaan van toch relevante technische deelgebieden. Een belangrijk aspect dat in de studie de nodige aandacht zou moeten krijgen is de perceptietechnologie. Het komt nogal eens voor dat de resultaten van een bepaalde technologie niet goed door een technicus

geïnterpreteerd kunnen worden, omdat deze onvoldoende medische kennis heeft, terwijl ook de arts dit niet kan, omdat deze te weinig technische kennis heeft om de technicus te laten weten wat hij wel ziet. In het hypothetische geval dat Pie Medical de keuze zou krijgen om of twee biomedisch technologen of een technicus en een medicus aan te kunnen nemen, zou men niet op voorhand een durven zeggen welke twee mensen gekozen zouden worden.

6.4 INTERVIEW MET PROF.DR.IR. K. BOM (Erasmus Universiteit Rotterdam, Thoraxcentrum)

Professor Bom is als hoogleraar in de Medische Technologie verbonden aan het Thoraxcentrum van de Erasmus Universiteit in Rotterdam en is werkzaam op het gebied van de cardiologie. Binnen het Thoraxcentrum is professor Bom hoofd van de technische groep en is in die hoedanigheid vaak betrokken bij medisch technologische problemen. Uit hoofde van zijn functie heeft hij regelmatig contact met studenten uit zowel de kliniek, als de techniek. Tevens is professor Bom, samen met professor Wellens van de Rijksuniversiteit Limburg, directeur van het Interuniversitair Cardiologisch Instituut, dat grotere projecten in de academische cardiologie-afdelingen synchroniseert en uitvoert. Professor Bom heeft een opleiding gehad als elektrotechnisch ingenieur.

Professor Bom ziet dat de medische technologie zich sterk ontwikkelt. Met name noemt hij de moleculaire biologie en de medische informatica (beeldverwerking). Tevens verwacht professor Bom dat de medische technologie intrede zal doen in een aantal medische sectoren waar dit momenteel nog niet het geval is, maar kan niet precies aangeven welke dat zijn. Op welke gebieden qua onderzoek meer geld beschikbaar komt, is in hoge mate afhankelijk van hoe bepaalde medische gebieden zich maatschappelijk weten te profileren. Professor Bom constateert dat de thematiek van het onderzoek aan enige verandering onderhevig is. Zo komt er steeds meer aandacht voor de verbetering van de kwaliteit van leven in de plaats van de verlenging van het leven.

Binnen het onderzoek in de medische technologie zijn veelal mensen werkzaam van de onder vraag 4 genoemde opleidingen. Indien professor Bom een medewerker voor biomedisch technologisch onderzoek nodig heeft zoekt hij iemand uit een bepaalde technische richting die het dichtst bij de problematiek staat. Professor Bom zou wel graag zien dat onderzoekers uit de technische richtingen meer gedegen kennis van de klinische wereld zouden hebben. Een goede klinische kennis zou de acceptatiegraad van technici in de medische instellingen aanzienlijk verhogen.

Professor Bom beschrijft de medische technologie als een zeer groot gebied. Als vakgebied is de medische technologie te groot om binnen één studie te passen. Het lijkt onmogelijk om een medisch technoloog alles van mechanica-problematiek van prothesen tot en met biochemie, tot en met de informatica te leren. Het integreren van een groot aantal technische en medische vakgebieden zou er toe leiden dat gediplomeerden niet geschikt zouden zijn voor onderzoek, omdat zij van alle afzonderlijke deelgebieden te weinig kennis zouden hebben.

Biomedisch technologen zouden wel geschikt zijn voor onderzoek indien er een specialisatie in één bepaalde richting zou plaatsvinden. Voorop moet blijven staan dat de opleiding een technisch karakter moet hebben om in het onderzoek werkzaam te kunnen zijn. Om goed geschikt te zijn voor biomedisch onderzoek moeten studenten aan de volgende voorwaarden voldoen:

1. Enige kennis van klinische vakken is goed, maar moet nadruk op techniek hebben gehad.
2. Er moet praktijkkennis van medische instellingen zijn opgedaan.

Professor Bom ondervindt nogal eens problemen bij mensen die in de medische technologie werken en die geen ervaring in de kliniek hebben. Dit wordt met name veroorzaakt door het feit dat medische

technologie voornamelijk applicatiegericht is. Professor Bom ziet in de industrie nieuwe technologische ontwikkelingen spaak lopen, omdat de technici die de nieuwe technologie ontwikkelen, onvoldoende inzicht hebben in hoe die nieuwe technologie in de kliniek moet worden toegepast of zelfs zich niet eens afvragen of een nieuwe technologie wel in de kliniek toegepast kan worden. Professor Bom zou dan ook zeer veel waarde hechten aan een stage in de kliniek. Verder ziet professor Bom bij mensen die zowel een technische als een medische studie gevolgd hebben dat deze altijd kiezen voor één van de beide vakgebieden. Echter, doordat zij twee studies hebben gevolgd zijn zij wel een uitstekende gesprekspartner voor het vakgebied waarin zij niet werkzaam zijn.

Professor Bom is van mening dat er een afweging moeten worden gemaakt of men een zware gespecialiseerde opleiding wil voor kwalitatief zeer goede β -studenten, die opleidt tot onderzoeker en na verloop van tijd een grote internationale status kan opbouwen, maar voor een beperkte arbeidsmarkt, of dat men een minder zware bredere opleiding wil voor een waarschijnlijk grotere (meer commercieel gerichte) arbeidsmarkt, maar dat gediplomeerden niet meer geschikt zijn voor biomedisch onderzoek.

Professor Bom zou wel mogelijkheden zien in een studie Biomedische Technologie, die zich sterk toespitst op een paar specifiek Eindhoven/Maastrichtse thema's en daarin zowel qua onderzoek, als qua onderwijs tot een toonaangevende opleiding in de wereld ontwikkeld. Dit zal echter zeer veel tijd en geld vergen.

6.5 INTERVIEW MET PROF.DR. L.A. VAN ES

(Academisch Ziekenhuis Leiden, hoogleraar nierziekten)

Professor van Es is hoogleraar nierziekten aan de faculteit Geneeskunde in Leiden. Tevens is hij voorzitter Medische Wetenschappen van NWO. Hij is 5½ jaar geleden aangezocht door het algemeen bestuur van NWO om de NWO-wet te gaan toepassen vanuit de ZWO-erfenis. Een belangrijk verschil tussen NWO en ZWO is dat NWO als doel heeft naast uit nieuwsgierigheid gedreven onderzoek, ook onderzoek te stimuleren waar de maatschappij behoefte aan heeft. Professor Van Es geeft aan dat hij spreekt vanuit zijn functie in NWO en zijn ervaringen in Leiden.

Professor Van Es ziet de geneeskunde als een toegepaste wetenschap die ingaat op de prioriteiten zoals die maatschappelijk worden gesteld, te weten:

1. preventie;
2. curatie;
3. indien curatie niet mogelijk is, verlichting van de ziektelast.

Professor Van Es constateert dat bijna alle medische faculteiten een studierichting Biomedische Wetenschappen hebben, geïnspireerd door vakgroepvoorzitters (hoogleraren) die behoefte hebben aan onderzoekers. Deze ontwikkeling viel samen met de instelling van de Onderzoeker In Opleiding (OIO) en heeft er toe geleid dat er momenteel \pm 1500 oio's in de geneeskundige disciplines werkzaam zijn. Dit betekent dat er jaarlijks zo'n 400 oio's instromen en uitstromen. Professor Van Es schat dat driekwart van de oio-uitstroom biomedicus is. Als men nu ziet dat 10 à 15% van het budget nu al aan wachtgeld wordt besteed, is het in zijn ogen duidelijk hoe de arbeidsmarktsituatie voor vierdejaars oio's is.

Professor Van Es schat dat er in de wereld per jaar zo'n 50 à 100 miljard gulden aan medisch onderzoek wordt uitgegeven. Als men nu bekijkt wat dit de afgelopen 20 jaar heeft opgeleverd, dan zal men moeten bekennen dat het rendement zeer laag is geweest.

Het probleem dat professor Van Es signaleert is dat het biomedisch onderzoek voornamelijk science

pushed is. Voor ieder probleem is er een oplossing, ongeacht de kosten. Professor Van Es ziet dat maar al te vaak voorstellen zijn gebaseerd op het idee van 'wij kunnen dat, maar onze afnemers snappen niet dat wij dat kunnen; nu moeten wij afnemers opleiden die snappen dat wat wij maken nuttig is.' Dit is pure technology push. Professor Van Es schat dat ongeveer driekwart van het totale gezondheidszorgbudget wordt besteed aan de laatste 6 maanden van het leven, terwijl er maatschappelijk juist behoefte is aan verbetering van de kwaliteit van leven van bijvoorbeeld chronische invaliden.

Er is momenteel ook behoefte aan community driven ontwikkelingen. Daarbij moet ook gedacht worden aan evaluatie-onderzoek en kosten-effectiviteitsanalyses. Er is maatschappelijk behoefte aan hybride medici die ook economisch goed geschoold zijn. Professor Van Es ziet dan ook vooral mogelijkheden in de managementsfeer. Hij ziet toch dat er een cultuuromslag gaat komen in de besteding van onderzoeksgelden. Hij verwacht dat voor het pure wetenschappelijke onderzoek de geldkraan dicht gaat. De geldgever gaat steeds meer letten op hoe zijn geld maatschappelijk verantwoord wordt besteed. Hierbij denkt professor Van Es aan een studie Health Economics met een zware medische basis. Vooral de medische opleiding is zeer belangrijk om met pure medici te kunnen communiceren, en zodoende ook aanvaardt te worden in het medisch bedrijf.

Ook ziet professor Van Es een groeiende behoefte aan een soort medische informatiekunde, toegespitst op de ontwikkeling van software. Tot nu toe is het altijd zo geweest dat de software-ontwikkeling vanuit de industrie gepusht werd. Echter, om voor medici goede software te ontwerpen is kennis van de medische wereld noodzakelijk. Men moet in staat zijn medische problemen in software oplossingen te vertalen. De software dient dan ook ontwikkeld te worden vanuit de vragen in het medisch bedrijf.

Professor Van Es ziet ook wel mogelijkheden in de biotechnologie. Het NWO ziet mogelijkheden voor farmaceutische industrie in Nederland en denkt ongeveer 15 jaar nodig te hebben om dat te realiseren. Er komt een geldstroom vanuit het Ministerie van Economische Zaken op gang om deze ontwikkeling te faciliteren. Tot de keuze voor farmaceutische industrie is gekomen op basis van de volgende gronden:

1. Veel hoog geschoold personeel.
2. De internationale positie van de wetenschap.
3. De positie van moleculaire biologie aan de universiteiten.
4. Er is in Nederland sterk klinisch evaluatie onderzoek.
5. Relatief schone industrie.
6. Relatief goedkoop te distribueren.

Er komt nu een samenwerking tot stand tussen de Nederlandse farmaceutische industrie en NWO. Daar wordt dit jaar ongeveer 1 miljoen gulden ingestoken, maar gaat op termijn oplopen tot 20 à 30 miljoen gulden per jaar. De basis voor deze ontwikkeling zal liggen binnen de universiteiten. Echter, hij is van mening dat er al dusdanig veel biotechnologen in Nederland worden opgeleid, dat er zeker geen behoefte is aan een nieuwe opleiding in deze richting. Het NWO is zelfs tot de conclusie gekomen dat het ethisch niet verantwoord is om geen oog te hebben voor de werkloosheid onder gepromoveerde academici.

Professor Van Es signaleert dat er een communicatieprobleem tussen medici en technici is. Hij verklaart dit probleem door er op te wijzen dat het medisch handelen gebaseerd is op empirie, en dus niet gemakkelijk overdraagbaar is, terwijl de technicus alles modelmatig benadert. De technicus ziet voor ieder probleem een mogelijkheid tot oplossing. Deze oplossing kan dan ook wel gevonden worden, maar gaat voorbij aan de toepasbaarheid in de praktijk door bijvoorbeeld ernstige neven-effecten.

Een opleiding zou nuttig kunnen zijn wanneer een goede medische kennis zou worden aangevuld met vakken als biotechnologie, of informatica of economie. Echter, de opleiding zou vooral niet biomedisch

moeten worden, omdat, zoals reeds eerder opgemerkt, er al teveel biomedici zijn. Tevens dient men er op te letten dat de studie niet te breed wordt, omdat men dan van alle vakgebieden te weinig weet om goed te kunnen functioneren.

Professor Van Es denkt dat het moeilijk is om een hybride technicus en een hybride medicus in elkaar te verenigen. Het probleem dat hij hierbij signaleert is dat een medicus stochastisch denkt, terwijl een technicus meer reductionistisch en logisch redeneert. Professor Van Es gelooft wel dat het mogelijk is om een hybride medicus/technicus op te leiden op voorwaarde dat een dienstverlenende attitude en marktgerichtheid voorop staan.

Professor Van Es wijst er op dat de Rijksuniversiteit Leiden ook geprobeerd heeft om niet-medische disciplines op te nemen in de studierichting Gezondheidswetenschappen, maar dat dit is mislukt. Dit werd vooral veroorzaakt doordat onvoldoende rekening werd gehouden met de behoefte van de arbeidsmarkt, het gezondheidszorgstelsel. Dit leidde tot een heroriëntatie op universitair onderzoek en mogelijk de farmaceutische industrie. Het absorptievermogen van werkrachten op deze terreinen is echter beperkt. Naar het oordeel van professor Van Es zal het probleem van de werkloosheid onder biomedisch en technische opgeleide oio's alleen opgelost kunnen worden door de opleidingscapaciteit aan te passen aan de maatschappelijke behoeften.

6.6 INTERVIEW MET DR. H. GOLDSCHMIDT

(Elisabeth Ziekenhuis Tilburg, Klinisch-Chemisch en Haematologisch Laboratorium)

Dr. Goldschmidt heeft in Utrecht, Delft en New York scheikunde gestudeerd. Vervolgens heeft hij bij het Interuniversitair Reactor Instituut (IRI) in Delft gewerkt als radio-analyticus. Vervolgens is dr. Goldschmidt naar het Elisabeth Ziekenhuis in Tilburg gegaan alwaar hij de postdoctorale opleiding tot klinisch-chemicus heeft gevolgd. Tevens is hij gepromoveerd in de multivariate statistiek. Dr. Goldschmidt is momenteel coördinerend hoofd van het Klinisch-Chemisch en Haematologisch Laboratorium. Het laboratorium wordt door vijf klinisch-chemici centraal geleid, maar produceert decentraal op vijf verschillende lokaties die allen een zekere mate van autonomie hebben. Het laboratorium is redelijk veracademiseerd, waardoor er ook veel aan toegepast onderzoek wordt gedaan. Tevens worden voor het onderzoek aparte geldstromen gegenereerd. Speerpunten van het laboratorium zijn:

- 1. informatietechnologie;*
- 2. metabool onderzoek;*
- 3. screeningscentrum hielprikken;*
- 4. evaluatie van in de industrie ontwikkelde producten van o.a. Unicam, Hewlett Packard en Bayer.*

De omzet van de organisatie bedraagt ongeveer 15 miljoen gulden, waarvan de helft aan mensen en de helft aan apparatuur wordt besteed. Tevens is er een investeringsbegroting van ongeveer 1 miljoen gulden. Het laboratorium heeft veel contact met de Rijksuniversiteit Limburg. Het laboratorium is betrokken bij 'open labs' van professor Hasman. Dr. Goldschmidt geeft aan sterk beïnvloed te zijn door het Amerikaanse systeem, wat onder andere tot uitdrukking komt in de wijze waarop hij het laboratorium leidt. Dr. Goldschmidt is lid van de Nederlandse Vereniging van Klinische Chemie en maakt daarbinnen deel uit van de commissie automatisering en de visitatiecommissie.

Dr. Goldschmidt ziet vooral technologische ontwikkeling op de gebieden van DNA-technologie, medische micro-biologie, histologie en de informatietechnologie. De technologische ontwikkelingen zullen primair op het gebied van de ondersteunende diagnostiek plaatsvinden. Hieronder verstaat dr. Goldschmidt onder andere de revalidatieafdeling, de röntgenafdeling, beeldvormende technieken, echografie en de laboratoria. Hij vindt de technologische ontwikkeling minder terug in het medisch handelen, maar het zou hem niet verbazen als dit in de toekomst ook hiervoor belangrijker zou worden. Dr. Goldschmidt heeft

twee mogelijke verklaringen voor het feit dat de techniek slechts langzaam tot het echte medisch handelen doordringt:

1. De status van de arts; de arts stelt zichzelf in de relatie tot zijn patiënt centraal en wil vanuit die positie dan ook alle situaties zelf volledig beheersen, en ziet technologie als iets dat hij niet volledig kan controleren.
2. De financieringsstructuur; doordat de arts bepaalde handelingen niet meer verricht zal deze hier ook geen geld meer voor krijgen.

Dr. Goldschmidt is de mening toegedaan dat de huidige financieringsstructuur de technologische ontwikkeling, en met name de implementatie hiervan in de praktijk, belemmert.

Vooral op het gebied van de informatietechnologie verwacht dr. Goldschmidt dat het aantal onderzoekers aanzienlijk kan toenemen. Voor biomedisch technologen ziet dr. Goldschmidt vooral een positie weggelegd als intermediair. Als voorbeeld noemt hij hierbij de radiotherapie. Binnen de radiotherapie werken zowel fysici als medici. In de praktijk vindt er echter nauwelijks integratie plaats tussen deze twee groepen. De twee groepen zijn veelal niet in staat goed met elkaar te communiceren. In dit opzicht zou Biomedische Technologie een goede opvulling van een dergelijk gat zijn. Ook ziet dr. Goldschmidt mogelijkheden in het (industriële en universitaire) applicatie-onderzoek, waarbij de biomedisch technoloog al in een zeer vroeg stadium overleg tussen ontwikkelaar en gebruiker tot stand kan brengen.

Op dit moment zijn afgestudeerden van de meeste van de bij vraag 4 genoemde studierichtingen in het onderzoek werkzaam. In de wereld neemt Nederland, wat betreft de klinisch-chemische laboratoria een aparte positie in. Is het in het buitenland de normale gang van zaken een medicus laboratoriumarts wordt, in Nederland is dat een chemicus. Wat er momenteel vooral ontbreekt zijn de mogelijkheden om met elkaar te communiceren. Zoals gezegd zou het communicatieprobleem opgelost kunnen worden door een biomedisch technoloog. De biomedisch technoloog zou dan ook met name in de randgebieden tussen technologie en geneeskunde werkzaam kunnen zijn. Dit wil zeggen dat deze al op een vroeg tijdstip weet wat de gebruiker wil, en dat reeds in de ontwerpfase kan inbrengen. Dit betekent echter wel dat de biomedisch technoloog zowel door de technici als de medici als expert geaccepteerd moet worden. Dit maakt het belangrijk om de studie niet al te breed op te zetten. Dr. Goldschmidt denkt dat deze aanvaarding eenvoudiger wordt indien studenten voldoende medische kennis opdoen. Ook zouden expliciete academische vaardigheden, zoals het schrijven van artikelen, voldoende aan bod dienen te komen, omdat het hieraan bij de medisch opgeleiden nogal eens ontbreekt en dit dan ook een gebied kan zijn waarop de biomedisch technoloog eerder als expert wordt aanvaard. Er moet echter een goed afgewogen keuze van vakken in het curriculum worden gemaakt, waarbij zeker geen gelijke verhoudingen tussen een veelheid aan vakgebieden tot stand moet komen, daar dit zou leiden tot een opleiding van een consulent in plaats van een intermediair. Voor het echte fundamentele onderzoek op het vakgebied zijn minder mogelijkheden voor biomedisch technologen, omdat dit onderzoek met name in de Verenigde Staten geconcentreerd is. Het lijkt dr. Goldschmidt verstandig als de Nederlandse onderzoeksinstituten zich gezamenlijk op een aantal speerpunten zouden gaan richten om wereldwijd toonaangevend te worden, c.q. te blijven.

Dr. Goldschmidt constateert ook dat de vele bezuinigingen in het onderwijs duidelijk gevolgen hebben gehad voor de kwaliteit. In de studie Biomedische Technologie zou volgens dr. Goldschmidt voldoende aandacht moeten zijn voor communicatie. Zowel de technologen als de medici hebben hun eigen vakjargon en de intermediair dient dan ook beide jargons te leren. Als biomedisch technologen inderdaad intermediair worden, is het van belang deze mensen ook nog iets van management mee te geven. De Nederlandse Vereniging van Klinisch-Chemici zou er voorstander van zijn indien studenten na hun eerste-fase opleiding eerst twee jaar postdoctorale ervaring zouden opdoen alvorens aan de opleiding voor klinisch-chemicus te beginnen. Volgens dr. Goldschmidt zou deze periode bijvoorbeeld gebruikt

kunnen worden om studenten hun propaedeuse geneeskunde te laten halen. In het buitenland is iets dergelijks veelal de gewoonte bij klinisch-chemici. Dr. Goldschmidt ziet duidelijke synergieën tussen technische en medische vakgebieden. Een studie Biomedische Technologie zou zich duidelijk moeten profileren als een zelfstandige entiteit, en niet als een afgeleide van technische en medische vakgebieden. Als Biomedische Technologie als een zelfstandige entiteit aanvaard wordt, wordt ook niet meer van deze mensen verwacht dat ze alles weten van één bepaald vakgebied.

Het zou dr. Goldschmidt niet verbazen als er in de ziekenhuizen een tussenlaag gaat ontstaan van intermediaire stafmedewerkers. Echter, enige aandacht voor management zou dan wel gewenst zijn. Dr. Goldschmidt schat dat ieder ziekenhuis wel eens enkele van dit soort mensen zou kunnen gebruiken. Indien deze intermediaire functie tot stand komt zullen HBO-ers hier niet voor in aanmerking komen, omdat deze niet zo snel door artsen als gelijkwaardige gesprekspartner zullen worden gezien. De intermediair zal de data van de technicus samen moeten brengen met de context van de medicus om de juiste informatie te verkrijgen.

6.7 INTERVIEW MET PROF.DR.IR. C.A. GRIMBERGEN

(Universiteit van Amsterdam, Faculteit Geneeskunde, Vakgroep Medische Fysica en Informatiekunde)

Professor Grimbergen vervangt professor Spaan. Professor Grimbergen verricht onderzoek in de Medische Technologie en heeft tevens een deeltijd aanstelling als hoogleraar in de Biomedische Meet- en Regeltechniek aan de Faculteit der Werktuigbouwkunde & Maritieme Techniek van de Technische Universiteit Delft. Tevens is hij betrokken bij de totstandkoming van een afstudeerrichting Medische Fysica en Biofysica binnen Fysica. De vakgroep Medische Fysica en Informatiekunde bestaat uit 3 secties:

- *Zintuigfysica*
- *Cardiovasculaire Fysica*
- *Medische Technologie*

Tevens verzorgt de vakgroep de studierichting Informatiekunde. Professor Grimbergen behoort tot de sectie Medische Technologie en houdt zich hierbinnen bezig met de ontwikkeling van medische instrumentatie, signaalverwerkingsprojecten en moderne chirurgische technieken, met name minimale invasieve chirurgie.

Professor Grimbergen ziet een snelle en sterke technologische ontwikkeling in de medische sector. Ook bemerkt hij een groeiende interesse voor biomedische technologie. Gezien de nog steeds zeer snelle ontwikkeling in de elektronicasector valt te verwachten dat, door de toenemende hoeveelheid informatie die kan worden verwerkt, deze trend zich de komende jaren nog door zal zetten. Professor Grimbergen ziet ook de toenemende verwevenheid tussen technische, medische en biologische disciplines. Echter, deze samensmelting moet er wel zijn, maar krijgt geen gestalte in één persoon, maar ontstaat door samenwerking tussen personen van verschillende origine. De technologische ontwikkeling zou een positieve stimulans krijgen indien de financieringsstructuur in de medische sector aanzienlijk zou veranderen.

Professor Grimbergen verwacht ondermeer een snelle technologische ontwikkeling in het hartonderzoek, omdat in deze sector relatief veel financiële middelen beschikbaar zijn. Ook de sectoren van de minimaal invasieve chirurgie en de thuiszorg bieden de nodige perspectieven voor technologische ontwikkeling. Binnen de ziekenhuizen in het algemeen kan de technologie bijdragen aan de oplossing van het logistieke en efficiency-probleem door verbetering van de informatievoorziening.

Professor Grimbergen is niet overtuigd van een groeiende arbeidsmarkt voor onderzoekers. Een groei in de arbeidsmarkt zou met name moeten komen vanuit het bedrijfsleven. Gezien de ontwikkelingen in de technologie en de geneeskunde zou het wel goed zijn als het onderzoek zou toenemen.

Momenteel wordt het (bio)medisch onderzoek voornamelijk uitgevoerd door de bij vraag 4 vermelde technische opleidingen, waarbij vermeld dient te worden dat een aantal aio's gezondheidswetenschappen heeft gestudeerd, en met name ingezet wordt bij het onderzoek waarbij proefdieren betrokken zijn. Professor Grimbergen heeft er geen behoefte aan dat bestaande studierichtingen worden aangepast. Hij zou wel voorstander zijn van een zo hoog mogelijk niveau van de technisch opgeleiden. Verder is professor Grimbergen van mening dat een technische opleiding de ideale basis is voor een beroep in de biomedisch technologische sector. De benodigde medische kennis kan gemakkelijk in de praktijk worden opgedaan en ligt bij de arts waarmee wordt samengewerkt, terwijl het aanvullen van de technologische kennis in de praktijk nauwelijks zal plaatsvinden, vanwege het ontbreken van een technisch milieu ter toetsing.

Professor Grimbergen is de mening toegedaan dat het biomedisch technologisch onderzoek veel meer gebaat is bij multi-disciplinaire samenwerking van technici, biologen en medici. Vanwege de toename van de hoeveelheid signalen en informatie, tot een voor een arts niet te overzien niveau, zal de technicus zich in de toekomst, bewust of onbewust, vanaf het terrein van de pure meettechniek meer op het terrein van de diagnose gaan begeven door het maken van keuzen in de voorbereiding of selectie van signalen. Vanzelfsprekend is voor dit alles ook een diep inzicht in de geneeskundige vraagstelling bij de technicus vereist op basis van een regelmatig contact met de praktiserend arts. Echt succesvolle interactie tussen arts en technicus, die daarvoor nodig is, heeft als voorwaarde dat niet alleen op een deelgebied van het klinische werk wordt samengewerkt, maar over het volle terrein van diagnose en/of therapie. De sterk verbeterde mogelijkheden van de techniek zijn hiervoor niet de enige reden, de onbekendheid van de arts met de technische mogelijkheden en de onbekendheid van de technicus met de klinische vraagstelling zijn de ware belemmeringen voor het bereiken van goede oplossingen. Dit besef bij beide partijen is de uiteindelijke voorwaarde voor samenwerking. Net zo als bij andere samenwerking tussen disciplines, is de persoonlijke relatie van groot belang. Multidisciplinaire samenwerking valt niet echt te organiseren, maar kan wel ontstaan tussen individuen uit respect voor elkaars benaderingswijze. Het samenwerken van zowel een medisch als een technisch specialist zal tot betere resultaten leiden dan het gebruik maken van mensen die van beide vakgebieden minder weten. Het onderbrengen van een groot aantal medische vakken en een groot aantal technische vakken in één studie zou er toe leiden dat er een biomedische technoloog wordt opgeleid, die van beide vakgebieden te weinig afweet om goed te kunnen functioneren (of die slechts wat van een zeer beperkt gebied afweet, waardoor de opgedane kennis zeer snel verouderd), waardoor de betreffende persoon onbruikbaar zal zijn. Het integreren van een technicus en een medicus in één persoon zal leiden tot een slechte clinicus-technicus. De enige functies die perspectieven bieden voor biomedisch technologen zouden eventueel staffuncties kunnen zijn. Ook hier moeten echter vraagtekens bij worden gezet.

Als er een opleiding Biomedische Technologie zou moeten komen, dan zou het een echte technische opleiding van niveau moeten zijn met alleen technische vakken in de propaedeuse. Vanaf het tweede jaar zouden dan langzaam wat vakken aangeboden moeten worden waarin de rol van de techniek in de geneeskunde wordt toegelicht, waarbij professor Grimbergen zeker wat zou zien in afstudeerrichtingen als 'Biomaterialen', 'Biologische Systemen' en 'Biomedische Systeem en Informatietechnologie'. Een min of meer gelijke verdeling tussen technische en medische vakken zal niet leiden tot synergie-effecten. Professor Grimbergen ziet geen enkele overlap tussen de puur medische vakken en de puur technische vakken. Het is waarschijnlijk zelfs zo, dat de gewenste attitude, zowel exact en technisch, als intuïtief en ervaren, nauwelijks binnen één persoon kan worden verenigd.

Concluderend kan gesteld worden dat professor Grimbergen geen perspectief ziet in een studie Biomedische Technologie zoals de Rijksuniversiteit Limburg en de Technische Universiteit Eindhoven deze hebben voorgesteld.

6.8 INTERVIEW MET PROF.DR.IR. J.G.H. JOOSTEN

(DSM Research, Geleen)

Professor Joosten is zijn loopbaan begonnen als chemisch-analist bij het Koninklijke/Shell-laboratorium in Amsterdam. Vervolgens is hij natuurkunde gaan studeren aan de Technische Universiteit Eindhoven. Hij is gepromoveerd in de fysische-chemie aan de Universiteit van Utrecht en heeft enige jaren gewerkt aan de faculteit Farmaceutische Technologie van de Rijksuniversiteit Leiden. Vervolgens heeft hij bij Biofysica aan de Universiteit van Utrecht gewerkt. Tenslotte is professor Joosten bij DSM Research terechtgekomen alwaar hij momenteel directeur corporate research en tevens hoofd van de afdeling Physical, Analytical & Computational Chemistry (PAC) is. Bij DSM wordt de helft van het onderzoek centraal gedaan door DSM Research en de helft door de divisies. Binnen DSM Research wordt ongeveer 250 miljoen gulden per jaar aan research besteed, waarvan 20% centraal door DSM gefinancierd wordt, en de overige 80% door de verschillende divisies. Aan corporate research wordt per jaar ongeveer 50 miljoen gulden besteed. Corporate research is bedoeld om de expertise binnen DSM op niveau te houden, en om lange-termijn-projecten uit te voeren met een hoog risico. Momenteel is hij ook part-time hoogleraar in de Fysische Chemie aan de Rijksuniversiteit Leiden.

Professor Joosten ziet nog steeds een sterke technologische ontwikkeling, en met name in de biomaterialen. De ontwikkeling gaat echter langzamer dan men enige jaren geleden dacht. Bij het ontwikkelen van toepassingen moet toch rekening worden gehouden met zeer hoge doorlooptijden. Om de marktzijde te bewerken zal men dan toch ook de afnemers moeten betrekken in het ontwikkelingsproces. De verdere ontwikkeling van de techniek wordt mede bepaald door de grenzen binnen de gezondheidszorg. Er zijn dan ook vooral mogelijkheden in de toepassingsfeer, en met name voor die toepassingen die kostenbesparend werken. DSM zelf is gestopt met de productie van biomaterialen, omdat DSM een onvoldoende marktaandeel kon opbouwen.

Professor Joosten ziet vooral sterke ontwikkelingen in de farmaceutische industrie op het gebied van kostenbesparende technieken. In de informatietechnologie ziet hij ook nog wel nieuwe ontwikkelingen. Ook de biomaterialen bieden nog zeer veel mogelijkheden voor de toekomst in zowel de verbetering van bestaande producten als de ontwikkeling van nieuwe producten.

Professor Joosten constateert dat de nationale R&D-uitgaven in de industrie de kritische grens beginnen te naderen. Wel ziet hij dat bij gelijkblijvend R&D-volume er een verschuiving richting de biomedisch technische richting plaatsvindt.

Bij DSM Research werken wat de HBO-werknemers betreft voornamelijk chemici. Wat het WO betreft zijn dit voor 80% werknemers met een chemische opleiding, voor 10% werknemers met een natuurkundige opleiding en de overige zijn wiskundigen, farmaceuten, mensen van omscholingscursussen en incidenteel nog een aantal andere opleidingen. DSM ziet een duidelijke discrepantie tussen wat de Nederlandse universiteiten bieden en de industrie vraagt. Dit is met name op het gebied van de polymeer-chemie, waarbinnen dit vooral het gebied van de materialenkennis betreft. Een ander probleem is dat onderzoek in een industriële omgeving voornamelijk multi-disciplinair is, terwijl het onderzoek binnen universiteiten met name mono-disciplinair is. Studenten krijgen in het algemeen dus alleen die mono-onderzoekscultuur mee. Dit wordt mede veroorzaakt doordat studenten vier jaar hebben voor een curriculum, waardoor er net genoeg tijd is om het hoofdvak goed te bestuderen. Studenten hebben niet meer de tijd om over de

grenzen van hun vakgebied heen te kijken. Echter, wanneer je studenten, binnen een vierjarig curriculum, breder zou opleiden loop je het gevaar dat studenten nergens meer verstand van hebben. Het is echter wel belangrijk dat een student leert dat research binnen een bedrijf wezenlijk anders is dan onderzoek aan een universiteit. Bij DSM Research worden voornamelijk gepromoveerde mensen aangenomen.

Professor Joosten zou vooral adviseren om binnen de afstudeerrichting biologische structuren en materialen voornamelijk aandacht te besteden aan de biomaterialen, aangezien op het gebied van de biologische structuren ook de Rijksuniversiteit Leiden al actief is met een opleiding als Biofarmaceutische Wetenschappen. Een studierichting biomaterialen zou een unieke opleiding in Nederland zijn, ondanks het feit dat in de rest van Nederland ook andere groepen onderzoekers zich met biomaterialen bezig houden. Op de Technische Universiteit Twente houdt men zich voornamelijk bezig met de chemische kant van biomaterialen en met name de toedieningsvormen. Wel zal men goede keuzen dienen te maken met betrekking tot de invulling van het onderwijs. Er moeten geen overbodige technische aspecten worden aangeleerd. Men dient vooral op de integratie tussen technische en biologische (niet medische) vakken te letten, zodat Biomedische Technologie een duidelijke eigen identiteit krijgt. Professor Joosten zou daar de volgende basisvakken voor zien: werktuigbouwkunde (bio-mechanica), materiaalkunde in brede zin en biologie. Ook moet er aandacht zijn voor de randgebieden als wiskunde en fysiologie. Professor Joosten is van mening dat biomedisch technologen zich vooral zouden onderscheiden van de regulier opgeleiden door hun onmiddellijke inzetbaarheid in het bedrijfsleven. Door het beperken van de stof die wordt aangeboden zal men ook zeer goed moeten oppassen wie men als docent aanstelt. Men moet er voor waken dat docenten niet alleen aandacht geven aan hun eigen vakgebied, wat tenslotte ook zeer interessant is, maar vooral op de integratie tussen vakgebieden gericht zijn.

Professor Joosten denkt dat er een behoefte aan biomedisch technologen is, mits er op een geïntegreerde wijze een goede afbakening wordt gemaakt in de lesstof, waardoor de opleiding een geheel eigen identiteit krijgt. Het voordeel van deze opleiding is dat ze direct op de arbeidsmarkt inzetbaar zijn. Professor Joosten ziet echter geen mogelijkheden bij de grote industrie, maar wel in het midden- en kleinbedrijf en de ziekenhuizen. Het opzetten van eigen bedrijven behoort zeker ook tot de mogelijkheden. Hij zou er wel voorstander van zijn om het bedrijfsleven bij de opzet van een studie te betrekken.

6.9 INTERVIEW MET DR.IR. F.A. KUIJPERS

(Philips Medical Systems, Best)

Dr. Kuipers is werkzaam bij Philips Medical Systems. Hij is Research en Patent Coördinator en medewerker van de afdeling Corporate Technology, een staforgaan dat zich bezig houdt met technologiebeleid. Philips Medical Systems is een multinationalaal bedrijf dat qua omvang vergelijkbaar is met Fokker. De belangrijkste groep produkten van Philips Medical Systems betreft de grotere beeldvormende diagnostische apparatuur voor ziekenhuizen. Bescheiden andere activiteiten zijn stralingstherapie, wat ondergebracht is in Groot Brittannië, en ultra-geluid, wat ondergebracht is in de Verenigde Staten. De hoofdvestiging van Philips Medical Systems is gevestigd in Best, hoewel de algemeen-directeur in de Verenigde Staten zit. Het onderzoek wordt voornamelijk verricht in Hamburg en Best. De belangrijkste produkten zijn: röntgenapparatuur, Computed Tomography-scanners (CT), Magnetic Resonance-scanners (MR), ultra-geluid en Radiation Therapy (R.T.). Philips Medical Systems houdt zich nauwelijks bezig met biologische processen. De uitspraken van de heer Kuipers zijn dan ook met name gebaseerd op zijn kennis op het gebied van de grotere beeldvormende apparatuur.

Philips Medical Systems behoort, samen met General Electric en Siemens, tot de drie grootste

producenten van grotere beeldvormende apparatuur. In de jaren tachtig is de werkgelegenheid bij Philips Medical Systems fors gestegen als gevolg van de opkomst van de MR-techniek. Dit heeft geleid tot arbeidsplaatsen voor vooral opgeleiden in de richtingen informatica, elektrotechniek en technische natuurkunde. Voor de informatietechnologie wil dit zeggen dat momenteel de softwaregroep en de hardwaregroep vrijwel even groot zijn. Sinds 1990 is, onder andere door de Centurion reorganisatie, het aantal arbeidsplaatsen afgenomen. Op dit moment is er een zeer beperkt aannamebeleid. Op andere medische gebieden, waar Philips Medical Systems niet actief is, ziet dr. Kuijpers ook veel mogelijkheden voor technologische ontwikkeling. Hierbij valt te denken aan de revalidatie, de klinische fysica en de farmacie.

Dr. Kuijpers kan in het algemeen de volgende uitspraken doen over de achtergronden van het bij Philips Medical Systems aanwezige hoger technisch personeel:

Wiskunde: zeer weinig;

Technische-wiskunde: zeer weinig;

Natuurkunde: veel;

Scheikunde: weinig;

Farmacie: geen;

Biologie: geen;

Werktuigbouwkunde: zeer weinig;

Elektrotechniek: veel;

Technische-natuurkunde: zeer veel;

Technische-scheikunde: geen;

Geneeskunde: zeer weinig;

Gezondheidswetenschappen: geen;

Informatica: zeer veel.

Voor het onderzoek binnen Philips Medical Systems worden voornamelijk technici geselecteerd. De belangrijkste vaardigheid die dr. Kuijpers bij deze mensen mist is het systeemdenken. Dr. Kuijpers ziet dat vooral de vakgroep Spectroscopie en Stralings Technologie (SST), en met name de sectie Spin Imaging (SI), van de Technische Universiteit Delft veel aandacht heeft voor het systeemdenken. Binnen de medische informatie-technologie is de integratie van technische deelgebieden sterk aan het toenemen. Het wordt daarom steeds belangrijker om medewerkers te hebben die verschillende technieken kunnen samenbrengen in een apparaat (systeem). Dit pleit voor een breder technisch inzicht van studenten. Echter, door de twee-fasen-structuur zal het niet mogelijk zijn om studenten breder op te leiden aangezien de tijd daarvoor gewoon tekort is.

Binnen de research en ontwikkeling van Philips Medical Systems verwacht dr. Kuijpers niet dat er een vraag zal komen voor biomedisch technologen. Het onderzoek is voornamelijk (naar schatting van dr. Kuijpers ongeveer 80%) technology-push en de behoefte aan echte technici is dan ook groter. Dr. Kuijpers verwacht ook niet dat één studie zowel een zeer hoog technisch niveau als een zeer hoog medisch niveau kan bieden, waardoor afgestudeerden voor onderzoek binnen Philips Medical Systems bruikbaar zouden kunnen zijn. Temeer daar Philips Medical Systems al relatief veel technici aanneemt die reeds gepromoveerd zijn. De nodige medische kennis wordt gehaald bij top-ziekenhuizen als het Academisch Ziekenhuis Leiden (AZL) en het Academisch Ziekenhuis Utrecht (AZU). Wel ziet hij mogelijkheden voor biomedisch technologen in de applicatie-afdeling en als intermediair tussen industrie en medicus. Het zal hierbij echter slechts om een zeer beperkte arbeidsmarkt gaan. Wel spreekt hij vanuit de specifieke positie van Philips Medical Systems.

Dr. Kuijpers heeft dan ook ernstige twijfels bij de arbeidsmarktkansen bij Philips Medical Systems voor

biomedisch technologen bij Philips Medical Systems zoals de Technische Universiteit Eindhoven en de Rijksuniversiteit Limburg deze voorstaan. Dr. Kuijpers kan zich echter voorstellen dat biomedisch technologen wel mogelijkheden kunnen hebben op gebieden als de revalidatie, omdat daar minder fundamentele technologische kennis vereist is, maar wel een goede medische kennis. Voor onderzoek op het gebied van de Biologische Materialen en Biologische Systemen ziet dr. Kuijpers ook wel mogelijkheden, omdat dit ook een gebied is waar meer medische kennis noodzakelijk lijkt. In hoeverre dit echt zo is, en hoe groot de arbeidsmarkt zal zijn, kan dr. Kuijpers niet zeggen, omdat dit buiten zijn echte directe werkveld valt. Dr. Kuijpers ziet wel synergie tussen technische en medische vakgebieden, alleen zal het niet mogelijk zijn om binnen 4 jaar voldoende niveau te halen. Dr. Kuijpers zou het te betreuren vinden indien instroom in een nieuwe studierichting Biomedische Technologie ten koste zou gaan van de reeds bestaan β -studies als Elektrotechniek, Technische-natuurkunde etc.

6.10 INTERVIEW MET DR. H. ROSEBOOM

(Solvay Duphar b.v., Weesp).

Dr. Roseboom is manager Development van de farmaceutische divisie van Solvay Duphar b.v. Hij is verantwoordelijk voor produkten vanaf de ontwikkeling van een stof tot en met het moment dat de registratie van het geneesmiddel en de overdracht naar marketing plaatsvindt. Solvay Duphar is oorspronkelijk ontstaan als Philips Duphar. Het bedrijf is eind jaren '70 afgestoten door Philips en gekocht door Solvay. Eind jaren '80 heeft Solvay besloten om de geneesmiddelen een belangrijkere plaats binnen het concern te geven. Alle kleine farmaceutische bedrijven werden toen samengebracht in een groot bedrijf. Solvay Duphar richt zich momenteel met name op humane en veterinaire geneesmiddelen. Binnen de humane geneesmiddelen richt Solvay Duphar zich vooral op medicijnen voor het zenuwstelsel en voor het hart. Sinds 1 januari van het afgelopen jaar is er nog maar één R&D-organisatie en zijn alle strategische beslissingen naar het hoofdkantoor in Brussel overgeheveld.

Dr. Roseboom ziet grote veranderingen in de geneesmiddelenindustrie. Deze veranderingen worden veroorzaakt door het gelijkblijven van de regulerende tendensen en de grote druk op de prijzen, wat ertoe heeft geleid dat de industrie zich moet gaan richten op wezenlijke kwalitatief betere medicijnen, om de productie winstgevend te houden. Er is nu binnen de industrie ook veel meer aandacht gekomen voor Health Economics en Quality of Life.

Dr. Roseboom ziet een revolutie in de biotechnologie. De mogelijkheden om nieuwe stoffen te ontwikkelen zijn enorm toegenomen, maar de ontwikkeling gaat veel langzamer dan men een aantal jaren geleden had gedacht. In de Verenigde Staten komt dit tot uitdrukking in een sterke afname van kleine biotechnologische bedrijfjes. Biotechnologische ontwikkelingen worden nu ook meer financieel-economisch gestuurd. Als een nieuw geneesmiddel nu dezelfde werking heeft als een ander maar veel goedkoper is, dan is dat een argument wat aanspreekt. Dr. Roseboom verwacht wel dat de ontwikkelingen binnen de farmaceutische industrie zich zullen doorzetten, omdat de mogelijkheden om nieuwe produkten te ontwikkelen sterk zijn toegenomen en nog niet volledig benut zijn.

Dr. Roseboom verwacht geen grote veranderingen in de R&D-uitgaven. In de farmaceutische industrie is het gebruikelijk om ongeveer 16% van de middelen aan R&D te besteden. Ook verwacht hij geen grote veranderingen in de arbeid-kapitaal verhouding. Het werk blijft arbeidsintensief.

Bij Solvay Duphar zijn zeer veel technische studierichtingen vertegenwoordigd:
organisch-chemici;
farmaco-chemie;
veel biologische studierichtingen zoals;

gedrags-farmacologie;
toxicologie;
medische biologie;
farmaceutisch technologen;
artsen;
inspanningsfysiologen;
gezondheidswetenschappers.

Het ontwikkelen van een geneesmiddel vergt ongeveer vijftien jaar. Het profileren van het produkt gaat in nauw overleg met de markt. Dit gaat dan vooral in de vorm van Health Economics en Quality of Life Onderzoek.

Alvorens een nieuw produkt te gaan ontwikkelen wordt ingeschat of er over 15 jaar behoefte aan is, en of het bedrijf dit produkt net zo goed, of liever beter, kan maken als de concurrent. Dit noodzaakt Solvay Duphar om zich tot een aantal gebieden te beperken, zoals daar zijn: het centraal zenuwstelsel, cardio-vasculair, gynaecologie en maag- en darmkanaal. Alle activiteiten bij Solvay Duphar zijn gebaseerd op chemische stoffen en dus niet op gen-therapie of implantaten.

In het algemeen is Solvay Duphar tevreden over de opleidingen die binnen het bedrijf vertegenwoordigd zijn. Mensen werken toch in multi-disciplinaire teams en leren dan veel van elkaar. Het zou misschien wel beter zijn als jonge onderzoekers wat doelgerichter zouden zijn. Dr. Roseboom heeft de indruk dat de jonge onderzoekers te weinig oog hebben voor wat er met de resultaten van hun onderzoek moet gebeuren. Hij heeft ook de indruk dat universiteiten steeds meer de neiging hebben om generalistisch opgeleide mensen te af te leveren. Dit is erg jammer omdat voor startfuncties binnen een bedrijf veelal specialisten gevraagd worden, die later door ervaring generalist worden en dan pas kunnen doorstromen naar posities binnen een bedrijf waar de verschillende specialistische disciplines samenkomen.

Dr. Roseboom verwacht dat enkele mensen met kennis over de biomedische informatica binnen het bedrijf wel bruikbaar zouden zijn. Dit zou maximaal kunnen oplopen tot ongeveer 10% van het personeel. Voor de richting biologische structuren en materialen verwacht dr. Roseboom dat er binnen de research misschien enkele gebruikt zouden kunnen worden, mits er een voldoende technische kennis is. Binnen de development verwacht hij niet dat er biomedische technologen nodig zullen zijn, omdat de benodigde diagnostische kennis via universiteiten en ziekenhuizen in huis wordt gehaald. Ook is er voor het farmaceutisch onderzoek geen intermediair tussen arts en industrie nodig, daar de tests allemaal al via het ziekenhuis dienen te verlopen. Voor de gehele farmaceutische industrie verwacht dr. Roseboom dat hetzelfde beeld opgaat. Hij ziet wel een positie voor biomedisch technologen weggelegd in de ziekenhuizen, maar het zal nooit een grote groep worden. Binnen de ziekenhuizen zou de biomedisch technoloog kunnen bijdragen tot een meer gestructureerde keuze voor behandelingsmethoden. Ook ziet dr. Roseboom wel mogelijkheden voor biomedisch technologen in beleidsfuncties. Een technicus heeft in het algemeen een andere invalshoek bij het benaderen van een probleem dan iemand met een sociale opleiding. Een technicus denkt veel meer in systemen en zal waarschijnlijk meer oog hebben voor de gevolgen van een beslissing in een bepaald deelgebied voor andere deelgebieden, omdat de technicus door het systeemdenken wordt aangeleerd om het grote geheel te blijven overzien. Dr. Roseboom denkt wel dat het mogelijk is om op een goede wijze technische en medische vakken te integreren in een eerste-fase-studie. Tenslotte gelooft dr. Roseboom dat een studierichting biomedische technologie de acceptatie van techniek in de samenleving kan bevorderen.

6.11 INTERVIEW MET DE HEREN SPRUIT, KRAAN EN KASSENAAR

(Siemens Nederland n.v., Den Haag)

Siemens Nederland n.v. is een verkoopmaatschappij. Binnen het bedrijf bestaat de divisie Medische Techniek. De heren Spruit, Kraan en Kassenaar maken allen deel uit van de Technische Dienst. De Technische Dienst is opgedeeld in een aantal disciplines:

- 1. Röntgentechnologie (grootste tak)*
- 2. Schnittbild Techniek (Computer Tomografen (CT) en Magnetic Resonance Imaging (MRI)). De heer Spruit is bij Siemens verantwoordelijk voor de service en röntgentechniek in Nederland. De heer Kraan is rayonmanager röntgen in Zuid-Nederland. De heer Kassenaar is service manager Schnittbild Techniek voor Nederland. Siemens Nederland (divisie Medische Techniek) houdt zich niet bezig met R&D-activiteiten, maar alleen met de verkoop, service, onderhoud en toepassingen van medische technologie op het gebied van de biomedische informatietechnologie. De drie geïnterviewden hebben alleen goed zicht op de producent-klant-relatie.*

Siemens Nederland ziet een zeer snelle technologische ontwikkeling in de medische sector, wat mede een sterk afnemende product life-cycle voor medische apparatuur tot gevolg heeft. In het veld waar Siemens werkzaam is komt de technologische ontwikkeling vooral tot uitdrukking in de beeldverwerking. Siemens ziet vooral digitalisering van informatieprocessen sterk groeien. De drie heren constateren een snelle toename in de beschikbare hoeveelheid informatie waarop artsen hun diagnose baseren. Wel zien zij dat bij Siemens Erlangen (de plaats waar de R&D-activiteiten plaatsvinden) een afname in de uitgaven aan R&D. Hier staat tegenover dat de intensiteit van technologische ontwikkelingen zeer sterk groeit. Deze uitspraak is met name gebaseerd op de vele nieuwe producten en toepassingen die vanuit Siemens Erlangen bij Siemens Nederland terecht komen. Siemens Nederland denkt dan ook dat in de sector van beeld- en informatietechniek, waarin zij werkzaam is, het fundamenteel onderzoek daalt ten gunste van de ontwikkeling van toepassingen op dit gebied. Voor Siemens is het kenmerkend dat vooral de jonge radiologen in het bijzonder openstaan voor nieuwe technologieën.

Door deze ontwikkeling wordt Siemens voor het probleem geplaatst dat het moeilijker wordt om met de arts te communiceren. Het zou Siemens dan ook zeer welkom zijn als er een opleiding zou komen voor iemand die een brug zou kunnen slaan tussen de medicus en de industrie. Dit moet iemand zijn met een gedegen kennis medische en technische zaken. Dit wil niet zeggen dat de betreffende persoon alles van beide vakgebieden moet weten, maar wel dat de betreffende persoon een technicus moet kunnen uitleggen wat een arts wil en een arts moet kunnen uitleggen hoe de technicus een apparaat bedoeld heeft en hoe er optimaal gebruik van kan worden gemaakt. Dit vooral om nieuwe toepassingen te kunnen ontwikkelen.

In het verleden heeft Siemens Nederland vooral gerecruteerd uit laboranten voor de brugfunctie tussen industrie en arts. Deze laboranten kregen vervolgens een technische opleiding tot applicatiespecialist. Echter de ontwikkelingen binnen de Schnittbild Techniek hebben ertoe geleid dat er een hoger kennisniveau noodzakelijk is, en dat er momenteel voor het eerst een vacature is, waarbij expliciet gezocht wordt naar een fysicus. Siemens verwacht dat deze trend zich voort zal zetten. Echter, de arbeidsmarkt voor deze functies zal een beperkte omvang kennen. De inschatting van Siemens is dat dit niet om honderden personen zal gaan. Wel ziet Siemens ook nog mogelijkheden voor biomedisch technologen in de ontwikkeling van toepassingen van nieuwe technologieën en voor een overkoepelende veiligheidsfunctie in ziekenhuizen. Voorzover Siemens Nederland de werkgelegenheid in de R&D kan inschatten is het niet mogelijk om in 4 jaar een biomedisch technicus op te leiden die echt geschikt zal zijn voor het werk in R&D. Verder ziet Siemens geen noodzaak om technische en medische vakken direct te integreren; technische en medische vakken zouden ook naast elkaar gegeven kunnen worden.

In de nieuwe studie zou het goed zijn als er de nodige aandacht voor instrumentatie zou zijn.

7. Overzicht van de oordelen van de deskundigen

In een schema op de volgende pagina wordt een overzicht gegeven van de meningen die de geïnterviewden hadden over de arbeidsmarktmogelijkheden voor een studierichting Biomedische Technologie. In dit schema wordt ingegaan op een zevental aspecten die op basis van de bevindingen in de eerste hoofdstukken van dit rapport naar voren kwamen en die ook in de gesprekken veelvuldig terugkwamen.

Alle deskundigen zien een sterke ontwikkeling in de Biomedische Technologie optreden. Twee van hen plaatsten vraagtekens bij de maatschappelijke wenselijkheid van deze ontwikkeling, maar erkenden wel dat deze groei feitelijk plaatsvindt. De specifieke gebieden waarbinnen deze ontwikkeling zich met name concentreert worden door de deskundigen op uiteenlopende manier aangeduid. Veelvuldig werd echter de ontwikkeling binnen de informatieverwerking genoemd. Doordat er steeds meer gegevens beschikbaar komen over het functioneren van het lichaam is er een groeiende behoefte aan technieken die deze informatie kunnen verwerken tot een voor de arts toegankelijke hoeveelheid. Ook op het gebied biomaterialen worden sterke ontwikkelingenesignaleerd. De geconstateerde groei in de technologie leidt in de ogen van de deskundigen echter niet automatisch tot meer werkgelegenheid in het onderzoek op dit gebied. Een aantal deskundigen geeft aan dat de uitgaven aan R&D de komende tijd waarschijnlijk niet zullen stijgen.

De meeste onderzoeks- en ontwikkelingsfuncties op het gebied van de Biomedische Technologie worden thans bekleed door technici. Slechts sporadisch worden artsen en gezondheidswetenschappers genoemd. Ook worden in enkele bedrijven HBO'ers aangenomen voor de functies op het gebied van de Biomedische Technologie. Dit betreft dan meestal taken als vertegenwoordiger of voor applicatie-onderzoek. Voor de fundamentele ontwikkelactiviteiten worden vooral (gepromoveerde) TU-ingenieurs ingezet.

Op de vraag of de huidige situatie in het onderwijs aanleiding geeft om een studierichting Biomedische Technologie te starten wordt uiteenlopend geantwoord. Slechts twee maal wordt zonder meer aangegeven dat dit wenselijk zou zijn. Hierbij wordt vervolgens aangemerkt dat deze studie zich duidelijk moet richten op een bepaalde specialisatie om behapbaar te blijven. Een aantal anderen geeft aan geen behoefte te hebben aan een nieuwe studierichting omdat de technici die thans de ontwikkelingsfuncties bekleden goed voldoen, of suggereert de studie een zeer zwaar technisch accent te geven, waarbij enkele biomedische vakken voornamelijk dienen om de student vertrouwd te maken met de klinische wereld. Aan de andere kant stelt een aantal deskundigen dat een studierichting Biomedische Technologie wenselijk is, maar dat deze zich niet moet richten op research en ontwikkeling, maar meer op staffuncties in het ziekenhuis of op de 'intermediair' die de communicatie tussen arts en technicus, of zelfs tussen arts technicus en maatschappij kan leggen. Eventueel kan een dergelijke opleiding mensen afleveren die werkzaam kunnen zijn in het applicatieonderzoek. De gemeenschappelijke component in de meeste antwoorden is dan ook dat voor het grensverleggende ontwikkelingswerk in principe toch technici nodig zijn, die eventueel enige medische kennis zouden kunnen opdoen tijdens hun studie om zo de klinische wereld beter te kunnen begrijpen. Een studie die echt biomedische en technische elementen op gelijkwaardige wijze combineert lijkt in de ogen van de meeste deskundigen niet geschikt voor fundamenteel technisch onderzoek en ontwikkeling, maar zouden volgens sommigen een rol kunnen vervullen om de communicatiekloof tussen artsen en technici te overbruggen. Eenmaal wordt om de kloof tussen medici en onderzoek en ontwikkeling te verkleinen als mogelijkheid genoemd om een medische opleiding te creëren waarbinnen meer aandacht uitgaat naar academische vaardigheden, zoals statistische analyse en onderzoeksopzet.

De extra accenten die een studie Biomedische Technologie, als zij wordt ingesteld, volgens de deskundigen zou moeten leggen lopen nogal uiteen. Genoemd worden zaken als systeemdenken, werkelijke integratie tussen de vakgebieden, meer economische kennis, sociale vaardigheden en praktijkkennis van de medische instellingen.

De mogelijke markt voor Biomedische Technologie wordt vrijwel unaniem als beperkt aangeduid. Zelfs in de ogen van degenen die vinden dat de studie een goede bijdrage zou kunnen zijn aan het opleidingscascala zal er slechts een beperkt aantal functies beschikbaar komen voor deze studenten. De markt voor onderzoeks- en ontwikkelingswerk wordt daarbij kleiner ingeschat dan de markt voor intermediairs of staffunctionarissen. Ook voor deze laatste groep zal het aantal beschikbare banen echter beperkt zijn.

Verder is een groot aantal deskundigen sceptisch over de mogelijkheid om binnen één studie zowel voldoende aandacht aan biomedische als aan technische vakken te besteden. Als dit al lukt zal aan een aantal voorwaarden moeten worden voldaan. De geïnterviewden van Siemens wijzen erop dat zij niet verwachten dat een Biomedisch Technoloog alles zal weten. Anderen benadrukken het belang om een duidelijke inperking van de specialisatie te maken en de studie dus duidelijk op een specifiek onderdeel binnen de gezondheidszorg te richten of adviserer om te zorgen voor een duidelijke integratie waardoor er een entiteit ontstaat die zich duidelijk onderscheidt van de losse onderdelen techniek en geneeskunde.

Over de voor- en nadelen van het combineren van beide vakgebieden lopen de meningen uiteen. Enkele deskundigen menen dat er duidelijke synergie-effecten tussen beide vakgebieden zijn. Anderen denken echter dat het verschil in denkwijze tussen de arts en de technicus het moeilijk zal maken deze vakgebieden in een persoon te combineren. Prof. Grimbergen, bijvoorbeeld, denkt dat interdisciplinaire samenwerking zeer belangrijk is, maar dat deze niet in één persoon, maar binnen een groep moet plaatsvinden.

Van de overige opmerkingen die in het schema zijn opgenomen kan nog gewezen worden op het feit dat twee deskundigen het een goede ontwikkeling zouden vinden als de beide universiteiten zich sterk zouden concentreren op een klein onderzoeksgebied, zodat men hierop zowel wat betreft onderzoek als onderwijs op wereldniveau een positie kan veroveren. Verder wijzen enkelen er op dat de studierichting Biomedische Technologie een rol kan spelen in de acceptatie van technische kennis bij de arts en in de maatschappij.

Naam	Ontwikkeling BMT	Huidige onderzoekers
Dr. Van Beekum <i>TNO</i>	Snelle technologische ontwikkeling die voorbijgaat aan maatschappelijke relevantie	
HH. Bergmans en Van der Wal <i>Pie Medical</i>	Sterke ontwikkelingen	HBO'ers en academici
Prof. Bom <i>EUR, Thoraxcentrum</i>	Sterke ontwikkeling in moleculaire biologie en medische informatica	Technici
Prof. Van Es <i>hoogleraar nierziekten RUL voorzitter NWO medische wetenschappen</i>	Te veel science push	Oio's biomedisch
Dr. Goldschmidt <i>Elisabeth ziekenhuis Tilburg</i>	Technologische ontwikkeling met betrekking tot ondersteunende diagnostiek	
Prof. Grimbergen <i>Medische fysica en informatiekunde, UVA</i>	Sterke technologische ontwikkeling. Toenemende hoeveelheid informatie moet worden verwerkt.	Technisch opgeleiden
Prof. Joosten <i>DSM Research</i>	Sterke technologische ontwikkeling, met name biomaterialen	Vooral chemici, doorgaans gepromoveerd
Dr. Kuijpers <i>Philips Medical Systems</i>	Nieuwe ontwikkelingen bieden mogelijkheden	Natuurkunde, elektrotechniek en informatica
Dr. Roseboom <i>Solvay Duphar b.v.</i>	Financiële overwegingen worden belangrijker, R&D-uitgaven constant	Veel technische richtingen, artsen, inspanningsfysiologen, gezondheidswetenschappers
HH. Spruit, Kraan, Kassenaar <i>Siemens Nederland n.v.</i>	Snelle technologische ontwikkeling, vooral digitalisering informatieproces. afname R&D-uitgaven voor fundamenteel onderzoek.	HBO-laboranten. In toekomst fysici.

8. Conclusies

In dit rapport is verslag gedaan van een onderzoek naar de verwachte arbeidsmarktperspectieven voor afgestudeerden van een studierichting Biomedische Technologie zoals de Technische Universiteit Eindhoven en de Rijksuniversiteit Limburg die beogen op te richten.

Het onderzoek bestaat uit twee bestanddelen. In het eerste deel is op basis van beschikbare literatuur en beschikbare databronnen een empirische studie gemaakt van de arbeidsmarktperspectieven van Biomedische Technologen. Omdat een dergelijk onderzoek, gezien het specifieke karakter van de studierichting, altijd vrij globaal moet blijven, zijn er in aanvulling hierop gesprekken gevoerd met een tiental deskundigen uit de mogelijke toekomstige beroependomeinen. Deze twee bronnen geven te zamen een beeld van de arbeidsmarktmogelijkheden voor een studierichting Biomedische Technologie, zoals die in de huidige trends en opinies naar voren komen. Omdat het oprichten van een nieuwe studierichting consequenties voor de verre toekomst heeft moeten deze conclusies uiteraard met de nodige omzichtigheid beschouwd worden.

Uit zowel de empirische gegevens, een vergelijking met de ontwikkelingen in de Verenigde Staten en uit de gesprekken blijkt dat er inderdaad een toename van de biomedische technologie is waar te nemen. Enkele geïnterviewden zetten vraagtekens bij deze groei, maar dat betreft dan niet de constatering van deze groei zelf, maar de maatschappelijke wenselijkheid ervan. Zij vrezen nog meer technology push in het onderzoek in plaats van een aanpassing van het onderzoek aan de vraag van de artsen of aan de maatschappelijke behoefte aan medisch onderzoek.

De ontwikkeling van de techniek op biomedisch gebied betekent echter niet automatisch dat er een groei zal plaatsvinden van het onderzoek in termen van beschikbaar geld of aantallen arbeidsplaatsen. Zowel het empirisch materiaal als enkele personen geven aan dat hierbij vraagtekens kunnen worden gezet. Alleen op de universiteiten lijkt (in personen gemeten) met name bij het medisch onderzoek nog groei in het onderzoek te zitten. Overigens lijkt Nederland vergeleken met andere landen relatief weinig te besteden aan medische research- en developmentactiviteiten. In tegenstelling tot andere achterliggende landen lijkt deze situatie niet naar het gemiddelde toe te groeien, maar lijkt de situatie een structureel karakter te hebben. Wel blijken er in Nederland relatief veel wetenschappelijke publicaties op medisch gebied te verschijnen. Kennelijk ligt in Nederland, zeker vergeleken met landen als Duitsland, Oostenrijk, Zwitserland en Zweden het accent veel meer op wetenschappelijk onderzoek dan op R&D-activiteiten.

Hier staat tegenover dat in Nederland juist relatief veel studenten worden opgeleid die in een vergelijkend Europees onderzoek worden aangeduid als 'biomedical engineers'. Per hoofd van de bevolking hebben alleen Zweden en Zwitserland een groter aantal biomedische technologen in opleiding. Getalsmatig lijkt er vanuit dit vergelijkend perspectief dus geen noodzaak te bestaan de opleidingscapaciteit uit te breiden. Wel valt op dat in Nederland in vergelijking met andere landen een relatief groot deel van opleidingscapaciteit voor Biomedische Technologie HBO-niveau heeft. Als er een reden is voor een nieuwe opleiding moet die vooral in de aard of niveau van het curriculum gezocht worden.

Enkele deskundigen zeggen zonder meer nee op de vraag of er een nieuwe studierichting, Biomedische Technologie moet komen, omdat zij vinden dat het aanbod van biomedisch technologen in Nederland reeds groot genoeg, danwel reeds te groot is. De overige deskundigen zien de voorgestelde studierichting wel als een vernieuwing van het aanbod. De mogelijkheden die zij zien voor een studierichting duiden echter steeds op een arbeidsmarkt van beperkte omvang. Verder lopen de meningen sterk uiteen over de hoofdlijn waarop deze studierichting zich zou moeten richten.

Uit deze diversiteit aan meningen en uit het empirisch onderzoek valt echter wel degelijk een aantal terugkerende belangrijke elementen te destileren. In hoofdzaak zijn er een drietal punten die, vanuit het arbeidsmarktperspectief, de opzet van een studierichting Biomedische Technologie op basis van 50% biomedisch, 50% techniek zullen bemoeilijken. De deskundigen lopen sterk uiteen in hun denkbeelden over de wijze waarop de problemen uit de weg kunnen worden gegaan. Hun oplossingen lijken sterk afhankelijk te zijn van hun eigen affiniteit met het medisch onderzoek. Het is verder opmerkelijk dat Chard, Arriola en Lessard (1993) in *The Challenges of Education in Biomedical Engineering* dezelfde spanningen constateren bij de Amerikaanse opleiding voor biomedische technologie.

Het eerste probleempunt betreft de relatie tussen de instroom van studenten en de beoogde eindtermen van de studierichting. De afweging hierbij is of men zich richt op leerlingen uit het VWO met zeer sterke β -capaciteiten — degenen die thans de 'moeilijkere' β -studierichtingen kiezen — en hen opleidt tot hoogstaande onderzoekers die in staat zullen zijn tot het totstandbrengen van nieuwe ontwikkelingen in het vakgebied, of dat men zich richt op degenen die thans twijfelen tussen technische en niet-technische studierichtingen, en hen vervolgens opleidt tot academici met verstand van techniek en geneeskunde die werkzaam kunnen zijn als intermediair tussen technici en medici of die kunnen bijdragen aan het ontwikkelen van toepassingen van nieuwe technieken. Vanuit de doelstelling de relatie tussen onderwijs en arbeidsmarkt te verbeteren dient men zich hierbij te realiseren dat in het eerste geval een verbetering moet worden aangebracht in de toch al gunstige perspectieven van technici, terwijl in het tweede geval er een verbetering van de arbeidsmarktpositie kan plaatsvinden door een versterking van de technische kennis van studenten die thans studierichtingen kiezen met ongunstige perspectieven. Tegenwoordig wordt de mogelijkheid om op deze wijze de technologische kennis van de studenten in de breedte te vergroten vaak als zeer wenselijk gezien. Met name bij het Ministerie van Economische Zaken wordt beoogd om middels aanpassingen van de studieprogramma meer studenten in een technische richting te laten instromen. Een dergelijke stimulering van de techniek op biomedisch terrein, die ook door enkele deskundigen als belangrijk naar voren wordt gebracht, vergt echter gelijktijdig inspanningen aan de vraagkant van de arbeidsmarkt. Alleen dan kan gezorgd worden dat de investering in 'human capital' ook werkelijk een rol kan spelen in het vergroten van de kennis in de biomedische techniek. Ook het potentiële aanbod van studenten van deze tweede optie lijkt aanmerkelijk groter te zijn dan dat van de eerste optie. Een groot deel van de deskundigen neigt eerder naar een studierichting die opleidt voor intermediair of beleidsmedewerker dan voor het 'frontier' ontwikkelingswerk. Dit hangt nauw samen met het tweede probleempunt.

Het tweede probleempunt betreft de mogelijkheid om binnen een curriculum van vier (of eventueel vijf) jaar een student zowel voldoende kennis van techniek als van biomedische vakken bij te brengen, opdat hij op de arbeidsmarkt een reëel alternatief vormt voor de traditioneel opgeleide technicus. Hiermee samenhangend is de vraag of deze vakgebieden juist goed op elkaar aansluiten zodat ze makkelijk door een persoon te bestuderen zijn en er daardoor tijdswinst kan worden behaald, of dat de vakgebieden juist moeilijk in één studie te verenigen zijn. De meeste deskundigen twijfelen sterk aan de mogelijkheid het niveau voldoende hoog te houden als beide vakgebieden even sterk vertegenwoordigd moeten zijn. Ze waarschuwen vaak voor oppervlakkigheid, ook als binnen de technische vakken geen duidelijke keuzes worden gemaakt. Om deze reden stellen ze vaak voor het accent van de opleiding te verschuiven.

Een deel stelt voor de aandacht vrijwel volledig op techniek te richten en daarbij enkele klinische vakken te geven. Meestal benadrukt men daarbij dat deze klinische vakken vooral tot doel hebben de studenten enige affiniteit met de klinische wereld te laten krijgen. Voor het echte ontwikkelwerk zal toch vooral de technische kennis gebruikt moeten worden. Prof. Grimbergen is zelfs voorstander van het vermijden van dit vroegtijdig contact, omdat een technicus die de medische wereld niet kent dingen ziet die de ingewijde personen ontgaan omdat deze voor ingewijden reeds vanzelfsprekend zijn. In aansluiting hierop geeft

een aantal deskundigen te kennen dat ze de combinatie van technische en biomedische vakken moeilijk achten omdat beide een totaal verschillende manier van denken hebben. Enkele anderen zijn juist optimistisch over de combineerbaarheid van beide vakgebieden.

Een andere groep deskundigen denkt, om de moeilijk te realiseren combinatie 50% biomedisch, 50% technisch te vermijden, aan een opleiding die uitgaat van het medisch vakgebied. De aanbevelingen lopen hier uiteen omtrent de concrete invulling, maar genoemd worden medische opleidingen aangevuld met een flinke dosis (1) techniek, (2) onderzoekstechnieken en statistiek of zelfs (3) financieel/economische vakken. De bedoeling is steeds om hiermee de kloof tussen arts en technicus of arts en maatschappij te verkleinen. Een opleiding als Gezondheidswetenschappen heeft in dit opzicht als nadeel dat er te weinig biomedische vakken in zitten. De genoemde opleidingen zouden als voordeel hebben dat de afgestudeerden veel medische kennis hebben, zodat ze als een volwaardige gesprekspartner van de medicus kunnen fungeren.

Een derde probleempunt bij de studierichting Biomedische Technologie betreft de specialisatie richting de arbeidsmarkt. Terwijl de studie qua curriculum juist breder van opzet wordt, met de daarmee gepaard gaande bovengenoemde spanningen, gaat de opleiding, vergeleken met een traditionele technische opleiding, zich op een smaller segment van de arbeidsmarkt richten. Hierdoor wordt de arbeidsmarktpositie van de afstudeerders kwetsbaarder voor schokken in het medische segment van de arbeidsmarkt. Terwijl een traditioneel technicus nog in vele sectoren van de economie kan gaan werken, heeft de biomedisch technoloog zich sterk afhankelijk gemaakt van de medische sector. Het blijkt echter dat de fluctuaties in de werkgelegenheid in de medische sector klein zijn vergeleken met andere sectoren waarin veel technici werkzaam zijn, zodat de ernst van dit probleem wellicht meevalt. Wel is de totale markt voor biomedisch technologen van beperkte omvang. Een dergelijke kleine markt is op zichzelf natuurlijk gevoeliger voor schokken, omdat het wel of niet doorgaan van een bepaald onderzoeksproject procentueel gezien meer betekenis heeft.

Met betrekking tot de potentiële instroom van studenten valt op dat hoewel de totale instroom in de medische en technische vakken stagneert er een omvangrijke groep lijkt te zijn die wellicht interesse zal hebben voor een technische richting met medische elementen. Een aantal studenten ziet de traditionele technische opleidingen als te moeilijk, terwijl een tweede groep studenten thans kiest voor een technische richting hoewel hun interesse voor de medische vakken groter is. Van beide groepen zal naar alle waarschijnlijk een deel interesse hebben in een studierichting Biomedische Technologie.

Op grond van de bovengenoemde gesignaleerde probleempunten en mogelijkheden kan vanuit onze positie uiteraard geen definitief oordeel worden gegeven over de wenselijkheid van de studierichting Biomedische Technologie vanuit het arbeidsmarktperspectief. Deze perspectieven hangen uiteraard ook af van de specifieke invulling die de commissie aan de studierichting zal geven. De belangrijkste functie van de genoemde probleempunten is, naar ons oordeel, dat ze aangeven op welke onderdelen de kwetsbare punten voor de studierichting zitten.

LITERATUUR

Ad hoc Commissie Onderwijsontwikkelingen RL/TUE (1993), *Samenwerking RL-TUE; Ontwerp van een BMT-opleiding*, Eindhoven.

Borghans, L. en Willems, E.J.T.A. (1994), *Structuur en toekomstige ontwikkelingen op de arbeidsmarkt voor technici in de chemie en de metaal*, ROA-W-1944/2, Maastricht.

CBS (1985), *Arbeidskrachtentelling*, Voorburg/Heerlen.

CBS (1993), *Enquête Beroepsbevolking*, Voorburg/Heerlen.

CBS (1990,1991,1992,1993), *Speur- en ontwikkelingswerk in Nederland*, Voorburg/Heerlen.

Chard, A.M., D. Arriola, C.S. Lessard (1993), The challenges of education in biomedical engineering, *IEEE Engineering in medicine and biology*, 1993, June, pp. 22-24.

CWTS/MERIT (Tijssen, R.J.W., Th. N. van Leeuwen, B. Verspagen, M. Slabbers) (1994), *Het Nederlands observatorium van wetenschap en techniek. Wetenschaps- en technologie-indicatoren 1994*, Leiden/Maastricht.

Halders, L.P.M. en Scheffer, J.H.K. (1977), *De behoefte aan biomedische ingenieurs in Nederland. Prognose voor de jaren 1980, 1990 en 2000*, Enschede: Technische Hogeschool Twente.

Holtum, D. (1992), *Education in biomedical engineering in Europe*, Stuttgart: Institut für Biomedizinische Technik.

Jong, U. de, H. Oosterbeek, J. Roeleveld en H.D. Webbink (1992), *Verder studeren. Voornemens van eindexamenkandidaten in 1991*, Ministerie van Onderwijs en Wetenschappen, Zoetermeer.

KNAW (1991), *Opleiding en bestemming van biofysici 1987-1989*, Amsterdam.

KNAW (1993), *Opleiding en bestemming van biofysici 1990-1991*, Amsterdam.

KNAW (1990), *Opleiding en bestemming van biochemici 1986-1989*, Amsterdam.

KNAW (1993), *Opleiding en bestemming van biochemici 1990-1991*, Amsterdam.

Ministerie van Onderwijs en Wetenschappen (1993a), *Hoop 1994*, Zoetermeer.

Ministerie van Onderwijs en Wetenschappen (1993b), *Referentieraming 1993*, Zoetermeer.

Ministerie van Economische Zaken (1993), *Concurreren met kennis; Beleidsvisie Technologie*, Den Haag.

Neut, A.C. van der, M.E. Veldhoen en J.F.M. de Jonge (1994), *De werkloosheid onder hoger opgeleiden in 1993*, Ministerie van Onderwijs en Wetenschappen, 's-Gravenhage.

NIBI, *vacatureanalyse 1992*, Utrecht.

Nie-Sarink, M.J. de, M.J. Buiting en J.H. Geerts (1992), *Resultaten vacature-enquête 1991 en prognose arbeidsmarkt 1992-1993*, KNCV, Den Haag.

Pilkington, T.C., F.M. Long, R. Plonsey, J.G. Webster en W. Welkowitz (1989), Status and trends in biomedical engineering education, *IEEE Engineering in medicine and biology magazine*, September, 1989, pp. 9-17.

ROA (1993a), *De arbeidsmarkt naar opleiding en beroep tot 1998*, ROA-R-1993/10, Maastricht.

ROA (1993b), *De arbeidsmarkt naar opleiding en beroep tot 1998. Statistische bijlage*, ROA-R-1993/10B, Maastricht.

Wieling, M.H. en L. Borghans (1994), *Discrepancies between Demand and Supply and Adjustment Processes on the Labour Market*, ROA-RM, Maastricht.

Willems, E.J.T.A. en A. de Grip (1993), *Jongeren en techniek. Studie- en beroepskeuzes, waardering en beeldvorming ten aanzien van techniek*, Ministerie van Economische Zaken, Beleidsstudies technologie economie, Den Haag.

Zant, W. (1992), *Zorg op lange termijn*, CPB-onderzoeksmemorandum no. 93, Den Haag.

Appendix Toelichting aan de deskundigen

Hieronder staan weergegeven de brief en de toelichting op het interview zoals die vooraf aan de inhoudsdeskundigen op het arbeidsmarktdomein van Biomedische Technologie zijn toegezonden.

Geachte heer ...,

Naar aanleiding van het gesprek dat wij ... met u zullen voeren over de arbeidsmarkt perspectieven voor biomedisch technologen, zenden wij u hierbij een korte toelichting op de problematiek. Zoals ik reeds in het telefoongesprek vermeld heb, zijn de Rijksuniversiteit Limburg (RL) en de Technische Universiteit Eindhoven (TUE) van zins om op korte termijn tot een gezamenlijke studie Biomedische Technologie te komen. Een beschrijving van de waarschijnlijke inhoud van de studie kunt u vinden in de bijlage.

Het Researchcentrum voor Onderwijs en Arbeidsmarkt (verbonden aan de Faculteit der Economische Wetenschappen van de Rijksuniversiteit Limburg) heeft van de gezamenlijke universiteiten de opdracht gekregen een onderzoek te doen naar de perspectieven op de arbeidsmarkt voor deze Biomedisch Technologen. Echter, arbeidsmarktinformatie met betrekking tot biomedische technologie is schaars. Dit betekent dat wij terug moeten vallen op meer algemene gegevens, waarvoor het moeilijk is in te schatten in hoeverre de trends die hier worden waargenomen ook specifiek voor biomedische technologie van toepassing zijn. Verder vergt een analyse van de arbeidsmarktmogelijkheden vakinhoudelijke deskundigheid op het gebied van Biomedische Technologie.

Om deze redenen is besloten om een aantal experts op het gebied van Biomedische Technologie te interviewen. Bij dit gesprek zal tevens dr.ir. P. Boekhoudt aanwezig zijn. De heer Boekhoudt is betrokken bij de totstandkoming van de studie en daardoor inhoudsdeskundig met betrekking tot de opzet van de studie Biomedische Technologie. Hij is betrokken bij het gesprek om eventuele vragen van uw kant over de studie te kunnen beantwoorden. Het is de bedoeling het gesprek op band op te nemen, mits u daar geen bezwaar tegen heeft. Op zeer korte termijn ontvangt u dan een verslag van het interview voor commentaar.

Wij willen u reeds hartelijk bedanken voor de medewerking aan ons onderzoek naar de arbeidsmarkt van biomedisch technologen.

Hoogachtend,

Researchcentrum voor Onderwijs
en Arbeidsmarkt,

Drs. J. Hoevenberg

Korte omschrijving Biomedische Technologie RL/TUE

Geïnspireerd door de verwachte toenemende vraag op de arbeidsmarkt naar (bio)medisch technologen en de diverse samenwerkingsverbanden tussen de Rijksuniversiteit Limburg (RL) en de Technische Universiteit Eindhoven (TUE) wordt momenteel door een RL/TUE-commissie de mogelijkheid onderzocht voor de realisatie van een opleiding Biomedische Technologie. Deze vierjarige (eerste fase) opleiding zou gebaseerd moeten zijn op een benutting van de sterkten van beide instellingen, met accenten op de uit de samenwerkingsverbanden gegroeide onderzoeksgebieden (bijvoorbeeld op cardiovasculair gebied en op het gebied van biomaterialen).

De opleiding, zoals de commissie die voor ogen staat, zal grofweg de volgende kenmerken krijgen:

- vanaf de start een zo gelijk mogelijk opgaande vorming in technologische en biomedische kennisdo-
meinen;
- een eenjarige propaedeuse:
 - * met basisvakken geselecteerd uit TUE curricula voor een technische β -signatuur, met weglating van voorbereidende technologische vakken, specifiek voor de verschillende TUE-opleidingen,
 - * met (in plaats hiervan) ruimte voor basale vorming in fysiologie, anatomie en moleculaire biologie (inbreng RL),
 - * met aandacht voor (nieuwe) integratiemogelijkheden van diverse disciplinaire invalshoeken in toepassingsgebieden van de biomedische technologie;
- een verdergaande, gemeenschappelijke basale vorming in het tweede jaar;
- een differentiatie in enkele richtingen voor het derde en vierde jaar, te selecteren uit de grote lijnen in RL-TUE onderzoekconcentraten, met een sterke verwevenheid van de opleiding met academisch onderzoek op dit gebied. Voorlopig wordt hierbij gedacht aan:
 - * de nieuwe ontwikkelingen in de benadering van eigenschappen en functies van biologische systemen, -structuren en -materialen, alsmede de impact hiervan op technologische ontwikkelingen (kort aangeduid met "Biologische Systemen" en "Biomaterialen"),
 - * de nieuwe inzichten en methoden voor de benadering van complexe biologische processen, met een duidelijke behoefte aan systematische technieken voor doelmatige presentatie en besluitvorming (kort aangeduid met "Biomedische Systeem- en Informatietechnologie").

De arbeidsmarkt voor biomedisch technologen

Het CPB schrijft in *Zorg op Lange Termijn*: 'De technologische ontwikkeling in de zorg is meer dan de kosten van medische apparatuur en geneesmiddelen consumptie. Doordat nieuwe technologie uiteindelijk al het medisch handelen beïnvloedt vormt zij een gezichtsbepalende factor in de zorg. Medische specialisten spelen een sleutelrol bij de introductie van nieuwe technologie, en bepalen in belangrijke mate het gebruik.' Een belangrijke ontwikkeling in dit verband is de snelle groei van het aantal diagnostische en therapeutische behandelingen. Het gevolg hiervan is dat er een grote vraag ontstaat naar nieuwe (betere en meestal duurdere) apparatuur. Deze vraag leidt vervolgens naar meer inzet van middelen voor de ontwikkeling van nieuwe technologieën. De snelle technologische ontwikkelingen hebben er toe geleid dat er in R&D een samensmelting plaatsvindt tussen technische, medische en biologische vakgebieden.

1. Ziet u deze technologische ontwikkeling ook?
Zal deze ontwikkeling doorzetten of heeft deze zijn top bereikt?
Leidt dit in de toekomst tot veranderingen in de sturing en uitvoering van de gezondheidszorg, de zorgverzekering, onderzoeksinstituten, de industrie en andere maatschappelijke domeinen.
2. In welke deelgebieden verwacht u dat deze technologische ontwikkeling het sterkst zal zijn?

Ontwikkeling in het bedrijfsleven

Uit de publikatie *Speur- en Ontwikkelingswerk* van het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS) blijkt dat in de periode 1988-1991 de uitgaven aan Research en Development (R&D) aanzienlijk zijn gedaald. Bedroegen deze uitgaven in 1988 nog 1,32% van het Bruto Binnenlands Produkt (BBP), in 1991 was dit reeds gedaald tot 1%. Dit betekent een daling in het budget voor R&D van ongeveer 6 miljard in 1988 tot 5,4 miljard in 1991. Dit heeft dan ook gevolg gehad voor de aantallen mensjaren die aan R&D worden besteed. Zo werd in 1988 nog 30.900 mensjaren aan R&D besteed in 1991 was dit 29.600 mensjaren. De sectorindeling in het bedrijfsleven bevat, afgezien van de farmaceutische industrie, onvoldoende gedetailleerde data om verdere trends af te leiden. In de farmaceutische industrie zijn de uitgaven aan R&D de afgelopen jaren vrijwel constant gebleven op vrijwel 425 miljoen gulden en 600 mensjaren.

Ontwikkeling sector speurwerkinstellingen

Het CBS onderscheidt in haar statistieken de sector speurwerkinstellingen⁶. Voor deze instellingen bleef het R&D-budget als percentage van het BBP constant op 0,39% in de periode 1988-1991. Dit betekende een stijging van de uitgaven van 1,8 miljard in 1988 tot 2,1 miljard in 1991. Dit vertaalde zich in een lichte stijging van het aantal mensjaren met 500 tot 13.600. Voor deze sector is het mogelijk om in nader detail naar enige ontwikkelingen te kijken. Binnen deze sector lijken vooral het fundamenteel β -onderzoek en het medisch onderzoek het meest van belang te zijn. Het fundamentele β -onderzoek is in de periode 1988-1991 fors toegenomen. (391 miljoen in 1988 tot 503 miljoen in 1991). De uitgaven aan medische onderzoek bleven vrijwel constant op 149 miljoen. Echter, het aantal ingezette mensjaren besteed aan fundamenteel β -onderzoek en medisch onderzoek bleven vrijwel constant op respectievelijk 3.900 en 1.150.

Ontwikkeling in de universitaire instellingen⁷

In de periode 1988-1991 groeide in de sector universiteiten de uitgaven aan R&D met 22%. In de richting geneeskunde was dit zelfs 28%, terwijl de richtingen wiskunde- en natuurwetenschappen en technische wetenschappen met respectievelijk 16% en 20% groeiden. Deze toename van het R&D budget heeft grote gevolgen gehad. Zo steeg het aantal mensjaren in de richting geneeskunde met 30% tot 1.987, in de richting wiskunde- en natuurwetenschappen met 25% tot 1.797 en in de sector technische wetenschappen. In de periode 1988 betekende dit een stijging in de uitgaven van 1,4 miljard in 1988 tot 1,7 miljard in 1991.

Als deze trend doorzet is in het bedrijfsleven en in de speurwerkinstellingen geen hoge banengroei te verwachten. Alleen de sector universiteiten is fors gegroeid. Hier lijken dan ook de grootste mogelijkheden te liggen. Bij de andere zal er ruimte komen door vervanging van bestaande banen.

3. Denkt u dat er in de toekomst een grotere vraag naar onderzoekers zal ontstaan?

Wij verwachten dat de academische onderzoekers op het gebied van (bio)medische technologie momenteel vooral zijn gerecruteerd uit de volgende studierichtingen:

Wiskunde, Natuurkunde, Scheikunde, Farmacie, Biologie, Technische Wiskunde, Werktuigbouwkunde, Elektrotechniek, Technische Natuurkunde, Technische Scheikunde, Geneeskunde, Gezondheidswetenschappen.

4. Wat voor achtergrond hebben de onderzoekers die momenteel het R&D werk uitvoeren binnen biomedische technologie?

Is dit de juiste basis om het onderzoek uit te voeren of zou u liever zien dat nieuwe onderzoekers andere vaardigheden of kennis bezitten?

Zo ja, welke vaardigheden of kennis?

6. Onder speurwerkinstellingen wordt het volgende verstaan:

1. Instellingen gelieerd aan universiteiten.
2. Overheidsinstellingen
3. Semi-overheidsinstellingen
4. Particuliere instellingen zonder winstoogmerk voornamelijk werkend voor ondernemingen.
5. Overige instellingen, waaronder niet-academische ziekenhuizen.

7. Onder universitaire instellingen worden zowel de universiteiten als de academische ziekenhuizen verstaan.

5. Denkt u dat het nodig is om tot aanpassingen van bestaande studies te komen of tot nieuwe studierichtingen?
6. Voorziet Biomedische Technologie in deze behoefte?
7. Welke aspecten zijn dan vooral van belang?
Hoe moeten biomedisch technologen zich onderscheiden van anders opgeleiden?
Op welke beroepsvelden zou deze opleiding zich volgens u moeten richten en welke eisen zijn dan te stellen aan zo'n opleiding?
8. Wat vindt u van de gekozen opzet van de opleiding?
Kunt u zich vinden in de voorlopige keuze van de differentiaties (Biomaterialen, Biologische Systemen en Biomedische Systeem- en Informatietechnologie)?
Hebt u suggesties voor andere differentiaties?
9. Verwacht u dat studenten die binnen de normale studieduur zowel medische als technische curriculumonderdelen krijgen, voldoende kennis vergaren om een beter alternatief te zijn voor een combinatie van technici en medici?
10. Denkt u dat de beide bestanddelen, techniek en geneeskunde, in een curriculum passen, doordat vakken goed op elkaar aansluiten?
Valt er een synergie waar te nemen tussen technische en medische vakken?